

Informe sobre la estabilidad del arco de cabeza y la bóveda del presbiterio del Santuario do Corpiño, Pontevedra

por:

Santiago Huerta Fernández

DEPARTAMENTO DE ESTRUCTURAS DE EDIFICACIÓN
ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE ARQUITECTURA
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Paula Fuentes González

DR. ARQUITECTO
UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

Rosa Ana Guerra Pestonit

DEPARTAMENTO DE ENXEÑERÍA AGROFORESTAL
UNIVERSIDADE DE SANTIAGO DE COMPOSTELA

DIÓCESIS DE LUGO

Madrid, julio de 2016

Índice

1. Marco teórico	2
1.1 El material: hipótesis del análisis límite	2
1.2 Condición de estabilidad; seguridad	2
1.3 Teorema Fundamental; límite inferior del coeficiente de seguridad	2
1.4 Movimientos y grietas	3
1.5 Verificación de la resistencia	4
2. Breve descripción constructiva	4
2.1 Bóveda	5
2.2 Arco de cabeza	7
2.3 Apoyo de la cúpula: arcos de descarga	8
2.4 Sistema de contrarresto	8
3. Estado actual de la fábrica. Agrietamientos y movimientos	9
3.1 Arco de cabeza	10
3.1.a Agrietamientos y movimientos	10
3.1.b Daños locales	14
3.1.c Seguridad	15
3.1.d Posible recuperación de la forma del arco	16
3.2 Bóveda de arista	18
3.2.a Agrietamientos y movimientos	18
3.2.b Daños locales	20
3.3.b Seguridad	20
4. Conclusiones. Medidas de intervención	21
7. Bibliografía	23
8. Láminas	25
9. Apéndice. Informes del arquitecto Justo Portela	43

Introducción: Objetivo del informe

El presente informe tiene por objetivo estudiar la estabilidad de la zona del presbiterio del Santuario del Corpiño. El arco de cabeza presenta una deformación muy pronunciada y la bóveda de arista que cubre el presbiterio muestra así mismo grietas y deformaciones muy visibles. Las grietas estaban tapadas antes de la intervención (Figura 1).

El informe se ha realizado en el contexto de las intervenciones que el arquitecto Justo Portela está realizando en el Santuario, en particular a partir de la restauración de las cubiertas.

Se han realizado varias visitas de inspección, acompañados de Justo Portela, desde septiembre de 2014 hasta la actualidad para conocer la estructura interna y valorar las distintas opciones de intervención.

Resumen de la historia constructiva

El Santuario fue fundado a finales del siglo XVII y sufrió sucesivas reformas y ampliaciones en los siguientes dos siglos. Rey Castro (2003), da las siguientes fases:

- 1) 1693: Fundación. Primera capilla
- 2) 1743-1768: Una sola nave, barroco
- 3) 1782-1803: Planta de cruz la tina y torre
- 4) 1867-1872: Planta basilical y fachadas

Así pues, el edificio fue creciendo y modificándose a lo largo del tiempo. Sin duda, algunos de los aspectos estructurales que se estudian a continuación obedecen a esta historia constructiva. Sin embargo, la falta de una memoria histórica detallada no permite ir más allá del registro de algunos hechos a partir de los cuales se pueden emitir conjeturas razonables. Quede claro que dichas conjeturas deberían ser verificadas o contrastadas con una memoria histórica detallada.



Figura 1

Vista del presbiterio

1. Marco teórico

Al realizar los estudios se ha aplicado la teoría del Análisis Límite de Estructuras de Fábrica, tal y como la ha desarrollado fundamentalmente Heyman en los últimos decenios —véase Heyman (1999, 2011 y 2015). En este apartado se resumirán los principios e ideas fundamentales.

1.1 El material: hipótesis del análisis límite

Se considera la estructura de fábrica formada por un material rígido-unilateral, que resiste compresiones pero no resiste tracciones. Es decir, imaginamos la fábrica como un conjunto de bloques indeformables en contacto seco y directo que se sostienen por su propio peso. Supondremos también que las tensiones son bajas, no habiendo peligro de fallo por resistencia, y que el rozamiento entre las piedras es suficientemente alto como para impedir su deslizamiento. Estas tres hipótesis dan lugar a los Principios del Análisis Límite de las Fábricas:

- (1) la fábrica presenta una resistencia a compresión infinita;
- (2) la fábrica tiene una resistencia a tracción nula;
- (3) el fallo por deslizamiento es imposible.

La hipótesis (1) va ligeramente en contra de seguridad y se comprobará mediante un cálculo numérico. La suposición (2) va, evidentemente, a favor de seguridad. Finalmente, la hipótesis (3), vuelve a estar en contra de seguridad, pero los casos de deslizamiento entre piedras son extremadamente raros (suelen estar asociados a movimientos sísmicos).

1.2 Condición de estabilidad; seguridad

La condición de estabilidad de una fábrica construida con un material que cumpla los principios anteriores exige que la trayectoria de las fuerzas, la «línea de empujes», esté contenida dentro de la estructura; esto es, para cada sección hipotética de la estructura la resultante de las fuerzas debe estar contenida en su interior.

La seguridad está determinada, en cada sección, por la distancia relativa de la resultante de tensiones (empuje) a sus bordes. El coeficiente de seguridad es geométrico y definirá la posición que dicho empuje no debe sobrepasar dentro de cada sección. Los coeficientes de seguridad dependen del tipo y uso de la estructura, y tienen un carácter empírico. En particular, para el caso de edificios, son distintos para arcos y bóvedas y para estribos; el coeficiente de éstos últimos es mucho más restrictivo, por los motivos que se discutirán en el apartado dedicado a la seguridad del sistema de contrarresto.

1.3 Teorema Fundamental; límite inferior del coeficiente de seguridad

Si la estructura es hiperestática, como es habitual, será posible encontrar infinitas líneas de empujes contenidas dentro de la fábrica, que corresponden a las infinitas situaciones de equilibrio posibles (la línea de empujes no es más que una representación gráfica de las ecuaciones de equilibrio).

Si se cumplen los principios del análisis límite enunciados antes se puede demostrar —véase Kooharian (1953); Heyman (1995, 1999)— el siguiente Teorema Fundamental del Análisis Límite (Teorema de la Seguridad o del Límite Inferior): *Dada una estructura, si es posible encontrar una situación de equilibrio compatible con las cargas que no viole la condición de límite del material (esto es, que no aparezcan tracciones) la estructura no colapsará. Aplicado a las fábricas: si es posible dibujar una línea de empujes contenida dentro de la estructura la estructura no se hundirá.*

La potencia del Teorema radica en que la línea de empujes, es decir, la situación de equilibrio, puede ser elegida libremente. Elegida una línea, podremos aplicar las condiciones de seguridad a cada una de las secciones que atraviesa y obtener, de esta forma, un límite inferior para el coeficiente de seguridad geométrico: sabemos que la estructura tiene al menos ese coeficiente de seguridad (en general, sería posible encontrar una línea de empujes que diera una situación más favorable).

El problema de la seguridad de las fábricas es, pues, un problema de estabilidad. De los tres criterios fundamentales que debe cumplir una estructura (resistencia, rigidez y estabilidad), es éste último el que gobierna el proyecto de las fábricas: las tensiones son bajas y las deformaciones pequeñas. El criterio de estabilidad conduce a una visión de las estructuras de fábrica basada firmemente en la geometría: es la forma la que posibilita que las trayectorias de esfuerzos estén siempre dentro de los límites de la fábrica (para una exposición clara y muy detallada de este enfoque, véase Heyman, 1999).

1.4 Movimientos y grietas

Las grietas son algo natural en un material que no resiste tracciones. De hecho, los agrietamientos son la única forma de adaptarse a pequeñas variaciones en las condiciones de contorno (por ejemplo, a un pequeño desplazamiento de los estribos, etc.). Las grietas dividen la estructura en un conjunto «articulado» de bloques que se mueve y adapta a las nuevas condiciones de contorno. A cada movimiento corresponde un agrietamiento distinto y una estructura puede presentar a lo largo de su historia distintos agrietamientos, que corresponden a distintas posiciones de las líneas de empujes (distintas soluciones de las ecuaciones de equilibrio). Sin embargo, el Teorema Fundamental nos asegura que, si encontramos «un sistema de líneas de empujes» (esto es una cierta situación de equilibrio) dentro de la fábrica, aunque pueden moverse bruscamente, éstas nunca se saldrán de los límites de la fábrica con lo que la estabilidad está asegurada. El Teorema de la Seguridad suministra el marco básico para cualquier análisis de equilibrio de una construcción de fábrica.

1.5 Verificación de la resistencia

Se ha dicho que la resistencia no es el criterio que rige el proyecto de las fábricas. Esta afirmación se puede comprobar calculando las tensiones de trabajo en algunas de las construcciones más grandes. Por ejemplo, la tensión media en la base de los pilares de la catedral de Beauvais que tiene las bóvedas más altas del gótico es de sólo 1,3 N/mm².

No obstante, en el caso de que la piedra sea excepcionalmente blanda o que el elemento de estudio soporte cargas concentradas muy grandes, se puede realizar una comprobación de resistencia, tras haber encontrado una situación suficientemente estable. No hay que olvidar que las bajas tensiones no garantizan, en absoluto, una estabilidad segura.

2. Breve descripción constructiva

La zona de estudio se ha dibujado en la Figura 2. La bóveda de arista y el arco de cabeza del Presbiterio se construyeron al mismo tiempo, como lo demuestra su conexión (el casco de la bóveda pasa por encima de una moldura del arco) y corresponden a la fase 2) antes citada. Al hacer la cruz latina, fase 3), se construiría la cúpula. Finalmente, en la fase 4) se completaría la planta rectangular dando lugar a la planta basilical. Esta serie de intervenciones sucesivas dieron lugar a movimientos (desplomes y agrietamientos) en la fábrica que se pueden apreciar a simple vista. Para el presente informe nos interesa en exclusiva la zona del presbiterio.

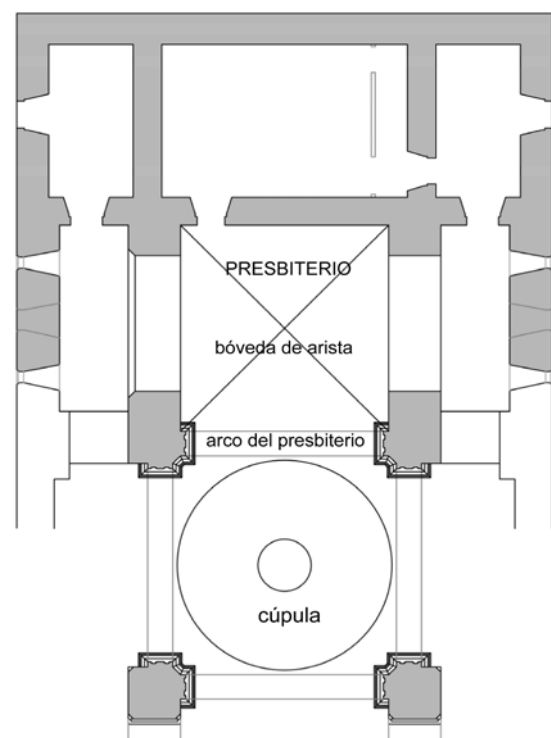


Figura 1

Planta de la zona del presbiterio (J. Portela)

2.1 Bóveda

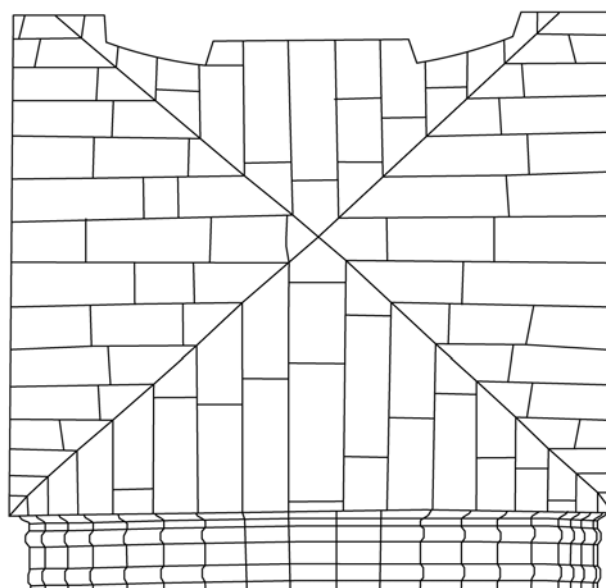
La bóveda del presbiterio es una bóveda de arista de planta cuadrada. Por el intradós los sillares aparecen bien labrados siguiendo el patrón habitual para este tipo de bóvedas, como se aprecia en la Figura 3, donde se ha proyectado la superficie de intradós sobre un plano horizontal. (Ver también fotos 5-10.) Las dovelas de la arista están acodadas. El resto son, en general rectangulares, con un ancho de 40-50 cm y un largo que llega a 1,20 m (Figura 4). El espesor de las juntas es variable, dada la labra irregular del trasdós, oscilando entre 12 y 17 cm. La medida “estándar” sería de unos 15 cm o medio pie.

Las juntas entre dovelas no son perfectamente radiales y permiten la inclusión de cuñas para el asiento de las piedras (Figura 5). Posteriormente se rellenaba la junta con mortero de cal. Debido a la entrada de agua persistente durante decenios el mortero de cal se había degradado hasta casi desaparecer: en muchas juntas quedaba sólo la arena que se podía retirar con la mano o con un cepillo. Los riñones de la bóveda presentan el relleno habitual que alcanza, aproximadamente, los 2/3 de la altura de la bóveda.



Figura 3

Ortofoto de la planta del presbiterio (P. Fuentes y R. Guerra)



0 1 2

Figura 4

Despiece de la bóveda del presbiterio (P. Fuentes y R. Guerra)

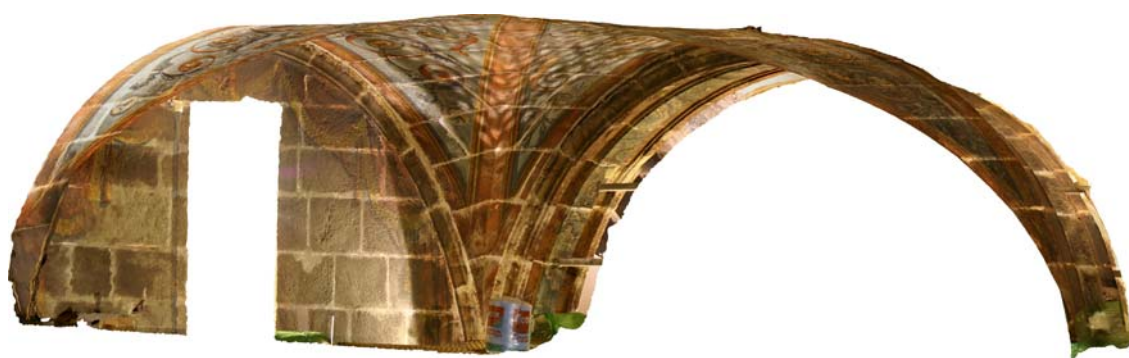


Figura 5

Ortofoto: intradós de la bóveda proyectado sobre un plano diagonal. Nótese la forma oval o elíptica de la arista (P. Fuentes y R. Guerra)



Figura 6

Trasdós de la bóveda del presbiterio. Nótese la labra irregular y la presencia de cuñas en las juntas

2.2 Arco de cabeza

El arco de cabeza del presbiterio es de cantería y consta de 21 dovelas iguales. La sección es aproximadamente rectangular con un espesor de unos 35 cm y un ancho de 82-85 cm. El intradós y los lados están moldurados, como se ve en el esquema de la Figura 7. El trasdós está toscamente labrado, como también ocurría en las dovelas de la bóveda de arista (es la práctica habitual). En las Figuras 3 á 5 se aprecia el moldurado.

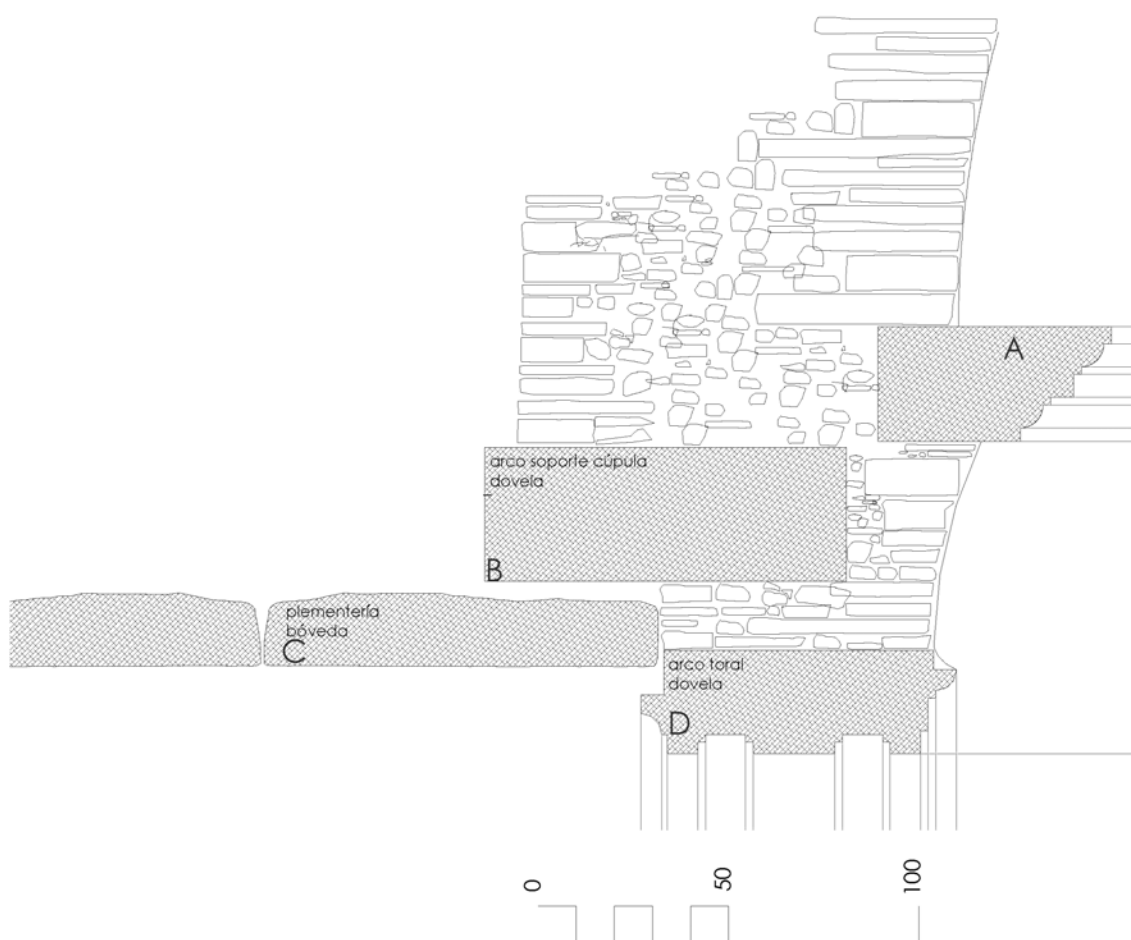


Figura 7

Esquema de la sección del arco de cabeza del presbiterio (J. Portela)

El arco era originalmente de medio punto pero se encuentra distorsionado por un cedimiento de su sistema de contrarresto. Este aspecto se analizará en el apartado siguiente.

No hay unión entre el casco de la bóveda y el arco: las dovelas de la bóveda pasan por encima de una pequeña moldura, como se ve claramente en la Figura 7.

2.3 Apoyo de la cúpula: arcos de descarga

La cúpula, como se ha dicho, se debió construir en la fase 3), después de construida la nave y el presbiterio. Los detalles se desconocen, pero la estructura de soporte de la cúpula apoya esta suposición. En efecto, la cúpula descansa en apariencia sobre un sistema de pechinas y arcos torales que finalmente transmiten sus empujes a los pilares torales y de ahí a la fábrica circundante.

Sin embargo, esto no es así en el Corpiño. Por encima de los arcos torales hay cuatro arcos de descarga de granito, sobre los que descarga la cúpula, Figura 7. Esta disposición queda oculta desde el interior del Santuario pero se aprecia con claridad desde el bajo cubierta, Figura 8. Así, probablemente, una buena parte del peso y empujes de la cúpula se transmite por los arcos de descarga hasta los pilares torales; se puede imaginar, por tanto, que las pechinas sólo soportan su propio peso y el reducido peso de la fábrica hasta la imposta, y lo mismo sucede con los arcos torales.

No obstante, hay que señalar que lo antedicho es sólo una hipótesis en cuanto a una posible solución de equilibrio: el espacio entre ambos arcos está relleno de mampostería y, además, el arco de descarga no coge todo el espesor habiendo una sección de fábrica que conecta directamente la imposta y base de la cúpula con las pechinas y arcos torales.

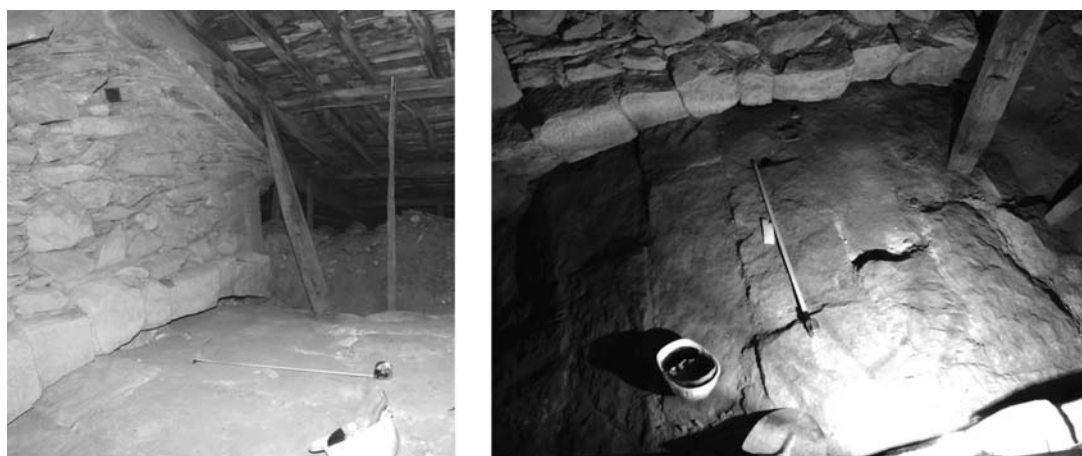


Figura 8

Arco de descarga oculto sobre el que apoya la cúpula (fotos J. Portela)

2.4 Sistema de contrarresto

Los arcos de descarga y torales transmiten el peso y empujes de la cúpula. Las componentes verticales se transmiten directamente a través de los pilares; las componentes horizontales se han de transmitir, al menos en una parte importante, al sistema de contrarresto que rodea la cúpula. Este sistema está compuesto por los muros y bóvedas de los cuatro brazos de la cruz.

Se trata de un sistema en uso desde, al menos, la época bizantina. En la Figura 10 se muestran las disposiciones básicas según Choisy (1899). El Santuario del Corpiño corresponde al primer tipo; sólo se ha sustituido la bóveda de cañón por una bóveda de arista. Las cargas se transmiten cómodamente a través de bóvedas, pilares y muros hasta el terreno. Sólo una degradación muy importante de la fábrica, que en este caso no existe, podría hacer fracasar este sistema de contrarresto que lleva en uso más de un milenio. Cualquier ejercicio de análisis de equilibrio sería una redundante pérdida de tiempo.



Figura 9

Sistema de soporte y contrarresto de la cúpula

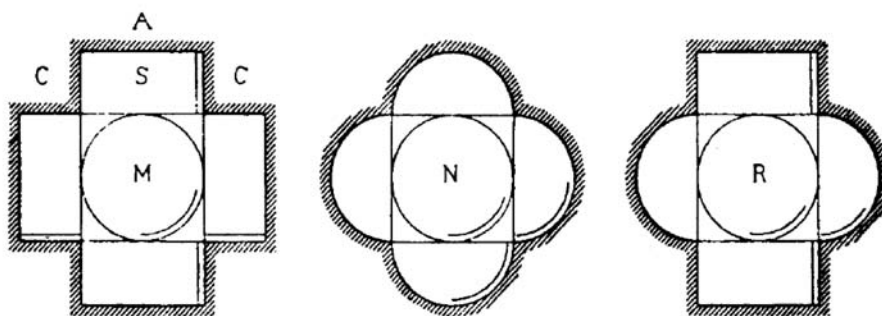


Figura 10

Sistemas básicos de contrarresto de las iglesias bizantinas (Choisy 1899). El sistema del Santuario del Corpiño es del primer tipo (a la izquierda)

3. Estado actual de la fábrica. Agrietamientos y movimientos

El Santuario del Corpiño ha sufrido modificaciones y ampliaciones durante dos siglos. La fábrica se ha “acomodado” para adaptarse a estos cambios, sufriendo movimientos y agrietamientos. Por otra parte, el Santuario ha tenido épocas de abandono que, a su vez, han conducido al deterioro y posterior reparación de la obra. Las huellas de la historia en forma de grietas y discontinuidades en la fábrica están a la vista y sólo se pueden interpretar, como se ha dicho ya, con un estudio histórico detallado.

En lo que sigue repasaremos el estado de la fábrica de la bóveda y arco del presbiterio con vistas a su consolidación.

3.1 Arco de cabeza

3.1.a Agrietamientos y movimientos

El arco de cabeza del presbiterio está visiblemente deformado debido a un cedimiento del sistema de contrarresto. El modelo de agrietamiento es el típico de un arco de dovelas de piedra, formándose tres grietas que permiten la acomodación del arco a la nueva luz. El esquema de la Figura 11 (Heyman 1999) describe perfectamente el modelo de agrietamiento: se abre una grieta en la clave, hacia abajo, y dos en los riñones, hacia arriba. La posición de la grieta determina la posición de la línea de empujes; el arco se ha convertido en un arco triarticulado isostático.

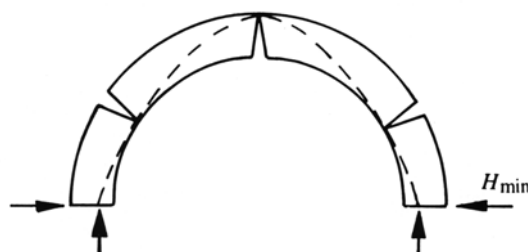


Figura 11

Agrietamiento típico de un arco de fábrica por un cedimiento pequeño de los estribos (Heyman 1999)

Si el cedimiento es pequeño (digamos, 1/100 de la luz), la deformación del arco apenas será perceptible; cuando es un desplazamiento “grande” la deformación es muy evidente, produciéndose incluso un quiebro hacia abajo en la clave. No obstante, el arco deformado sigue siendo estable si el movimiento ha parado. En la Figura 12 se muestra el efecto en un modelo de cartulina.



Figura 12

Agrietamientos típicos en un modelo de arco (Huerta 2005)

En el modelo puede apreciarse que cuando la línea de empujes no se hace tangente en una junta pueden abrirse dos grietas del mismo sentido; estas dos grietas equivalen a una articulación.

Por supuesto, movimientos no simétricos darán lugar a patrones de agrietamiento asimétricos, como se verá enseguida.

Una vez formadas las tres articulaciones es posible relacionar los movimientos del arco: conocido, por ejemplo, el desplazamiento horizontal en el arco de la Figura 12 se puede calcular el descenso de la clave, Figura 13.

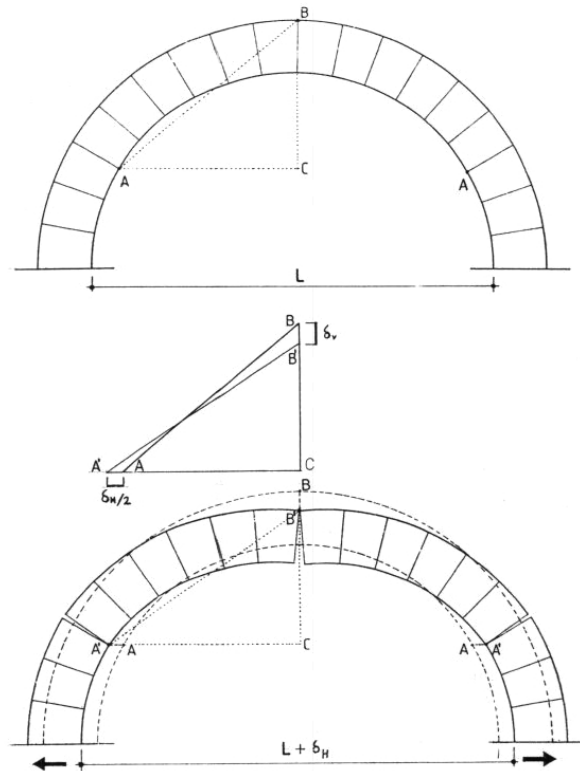


Figura 13

Relación entre los desplazamientos de un arco semicircular

El mecanismo aparece explicado en la figura: la distancia entre las articulaciones permanece invariable ($AB = A'B'$) y podemos escribir la siguiente ecuación:

$$AC^2 + BC^2 = (AC + \delta_H/2)^2 + (BC - \delta_v)^2 \quad (1)$$

que relaciona ambos desplazamientos.

También es sencillo deducir la apertura de las grietas, en función de uno de los desplazamientos. Ésta vendrá dada por el giro que realizan los segmentos en que se divide el arco como sólidos rígidos. Por tanto, el ángulo de apertura de la grieta α de la clave viene dado por:

$$\alpha = 2 \times (CAB - CA'B') \quad (2)$$

si llamamos d al espesor del arco, la apertura de la grieta g valdrá:

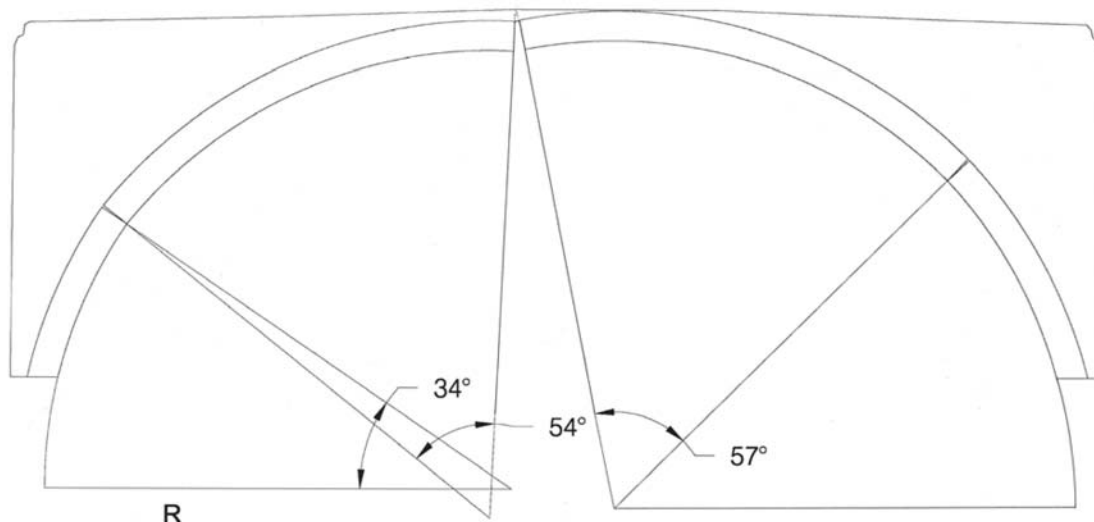
$$g = 2 \times d \times \sin(\alpha/2) \quad (3)$$

Las tres expresiones anteriores permiten relacionar aperturas de los apoyos, descensos de la clave y apertura de las grietas. Esto hace posible verificar la coherencia de las medidas realizadas.

En el caso del arco del Corpiño la deformación del arco no es simétrica. La Figura 14(a) muestra la ortofoto donde se proyecta la bóveda de arista y la parte que sobresale del arco de cabeza (vista desde la nave). Se aprecian con claridad las tres grietas que conducen a la deformación, muy visible, del arco. La Figura 14 (b) es una restitución hipotética de la geometría. Localizadas las rótulas y sabiendo que el intradós del arco original tiene un solo radio (arco de medio punto) se ha tanteado un cierto radio R que se ajusta aproximadamente a la ortofoto. Por supuesto, dadas las imperfecciones en la labra y en el asiento de las dovelas se podrían ajustar otros radio. Haciendo varios tanteos se ha podido ver que R podría oscilar entre 2,45 y 2,60 m.



(a)



(b)

Figura 14

(a) Ortofoto de la bóveda de arista y la parte que sobresale del arco de cabeza (vista desde la nave); (b) Restitución hipotética de la geometría de la deformación (Fuentes y Guerra)

Puede verse también en la figura que en esta hipótesis hay un asiento diferencial de los apoyos. Este ejemplo sirve, pues, para remarcar un hecho: cualquier levantamiento supone una interpretación que está sujeta a factores que no dependen de la medición en sí, sino de los métodos de construcción o de la historia del edificio, entre otros.

La Figura 14 muestra sólo parte del arco de cabeza, tapado por la bóveda de arista según el corte efectuado. Es mirando desde la nave cuando se aprecia bien la geometría deformada del arco, Figura 15.



Figura 15

Vista del arco del presbiterio desde la nave

Puede verse que el arco consta de 21 dovelas iguales. La grieta se abre la izquierda de la clave. La grieta derecha está entre la dovela 5 y la 6; la grieta izquierda está entre la dovela 4 y la 5. Con estos datos se podría reconstruir un mecanismo del tipo del de la Figura 11. El único dato que faltaría sería el radio del intradós (el espesor es conocido).

No obstante, dado que se ha realizado una fotogrametría digital, se ha podido deducir el radio (con las limitaciones antes citadas). Con estos datos se ha podido dibujar la Figura 16 que representa el modo de deformación del arco. Las medidas corresponden a un radio de 5,6 m.

Como se ha dicho antes, conocida la geometría original y los desplazamientos, se pueden deducir todos los parámetros de la figura deformada. En concreto, se puede deducir la apertura de la grieta en la clave. Este resultado se puede comparar después con la apertura medida in situ.

Ya hemos visto que la medición del radio está sujeta a interpretación dentro de ciertos límites. Los movimientos también lo están. La hipótesis simplificada de cedimiento perfectamente horizontal y simétrico (que conduce a las ecuaciones 1-3, más arriba) no corresponderá con

el movimiento real, donde los desplazamientos en los apoyos tendrán en general tres componentes, que se corresponden con los tres grados de libertad en el plano: dos desplazamientos (por ej. vertical y horizontal) y un giro. No hay espacio aquí para desarrollar el tema, pero baste decir que para los movimientos usuales las ecuaciones 1-3 dan resultados que concuerdan con lo observado.

En este caso, para un radio de 2,6 m y un espesor del arco de 0,35 m e desplazamiento horizontal δ_H es de 8 cm a cada lado. Entrando con estos datos en las ecuaciones 1-3, reduciendo el espesor en la clave a 0,30 m (en efecto hay una reducción de sección en ese punto) se obtiene descenso de la clave δ_v de 13,6 cm y una apertura de la grieta de 3,9 cm. La apertura medida es de 3,5 cm. La concordancia es bastante buena. No obstante, hay que decir que el valor de 5,6 m es el que mejor se ajusta del intervalo 2,45-2,60 antes citado.

(Nótese que la proporción del arco luz/espesor = $5,20/0,35 = 14,9$, muy aproximadamente 1/15 que es la regla que aparece en numerosos tratados de arquitectura desde Alberti, Huerta 2004.)

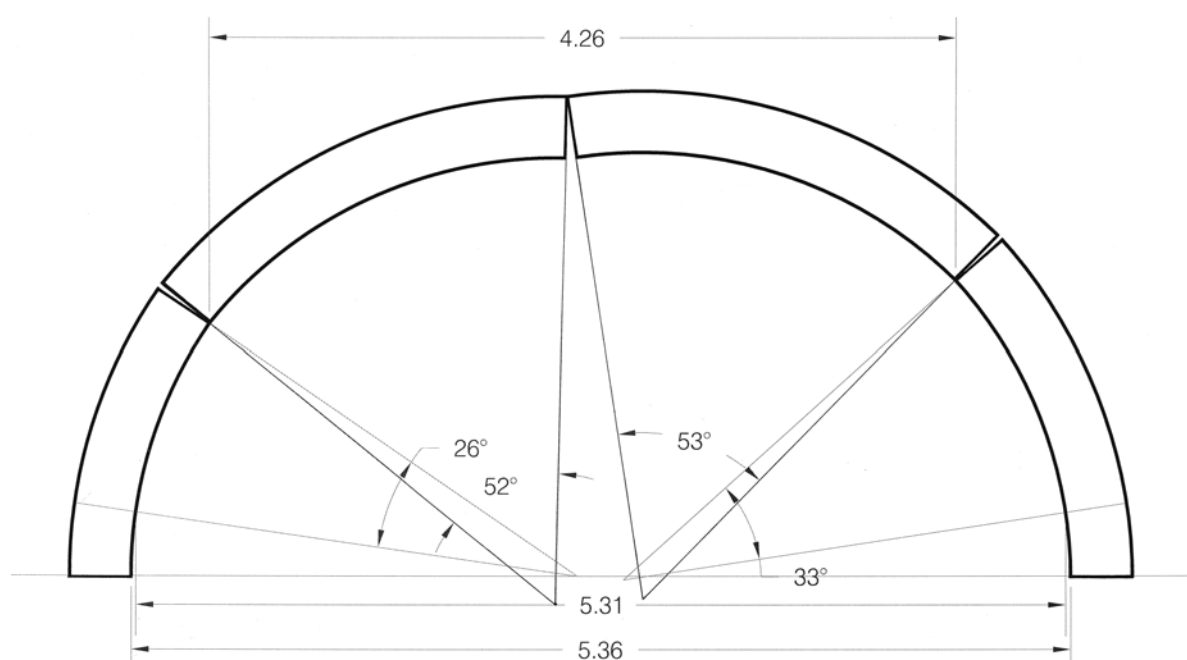


Figura 16

Reconstrucción de la geometría deformada del arco del presbiterio (Fuentes y Guerra)

3.1.b Daños locales

La formación de grietas implica que el empuje se transmite por una superficie pequeña; esto es así porque las tensiones son muy bajas en relación con la resistencia de la piedra. No obstante, en ocasiones se producen daños locales en los puntos de articulación.

Si la piedra presenta un fallo de origen o se ha degradado por algún motivo (humedad

Si la piedra presenta un fallo de origen o se ha degradado por algún motivo (humedad persistente, para algunas piedras), puede que salte en la zonta de articulación. Esto no afecta la seguridad, puesto que aumenta la superficie de contacto y, además, se elimina la parte defectuosa de la piedra.

Otras veces, el movimiento puede tender a producir un deslizamiento. Si esto no es posible, se puede producir una rotura parcial de cortante. Como antes se trata de un daño local que no afecta la seguridad del arco.

En el lado derecho (desde la nave) del arco de cabeza se puede apreciar un daño local del último tipo: nótese la pequeña grieta en un lado de la moldura central, Figura 17.

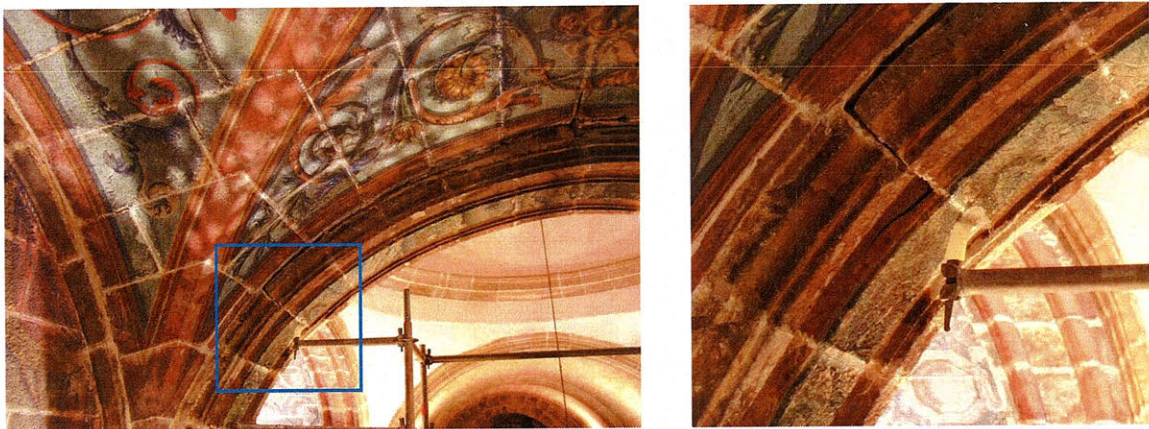


Figura 17

Daño local en grieta de articulación (Fuentes y Guerra)

3.1.c Seguridad

Los agrietamientos, distorsiones y daños locales antes descritos no afectan la seguridad del arco. A continuación se resumen los aspectos más relevantes:

- el arco de cabeza se ha agrietado debido a un cedimiento del sistema de contrarresto. La apertura total entre los arranques es del orden de 20 cm. Posiblemente haya habido también un ligero asiento diferencial.
- estos movimientos han distorsionado la forma del arco que presenta un visible quiebro en la clave.
- se trata de una deformación típica que no afecta la seguridad ni la capacidad portante del arco.
- dado que el arco no soporta directamente a la cúpula (arcos de descarga superiores), se podría corregir la forma del arco, como se discutirá más adelante.

3.1.d Posible recuperación de la forma del arco

Aunque el arco es seguro, el quiebro en la clave da un aspecto poco agradable al arco, además de provocar preocupación en observadores no expertos.

El arquitecto Justo Portela me preguntó sobre la posibilidad de recuperar la forma del arco.

Se puede, en efecto, recuperar la forma del arco, sino completamente, sí lo suficiente para eliminar el feo quiebro actual. Esto así gracias a los arcos de descarga superiores. Para comprobar la posibilidad real de hacerlo y poder elaborar un presupuesto, se hizo una cata de la fábrica entre el arco de cabeza y el arco de descarga, Figura 18.



Figura 18

Cata para conocer la fábrica sobre el arco de cabeza. Nótese al fondo de la foto derecha el arco de descarga (fotos J. Portela)

Puede verse que se trata de una mampostería irregular que puede eliminarse sin dificultad. Liberando la fábrica por encima de las tres o cuatro primeras dovelas a partir de la clave, se podrían levantar ambas ramas del arco sin dificultad. Quedaría un espacio de unos 5-10 cm que podría rellenarse sin dificultad. En la Figura 19 se explica el proceso:

- (a) el arco en su estado actual;
- (b) se han dispuesto unos camones debajo de los tramos A-C y C-B. De tres dovelas cada uno, y se aplica una fuerza vertical de manera que cada tramos gire en torno a A y B, respectivamente. Se abre una separación en C y grietas hacia abajo en A y B.
- (c) se rellenan las grietas en A y B, y se cierra la separación en C. El intradós ahora es continuo y, aunque el arco sigue deformado, se ha eliminado el quiebro en la clave.

Finalmente, por problemas de coste, se decidió no llevar a cabo esta intervención.

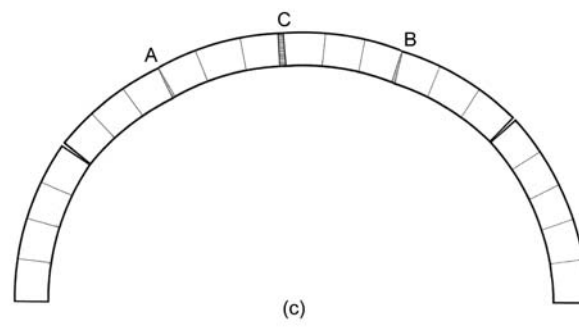
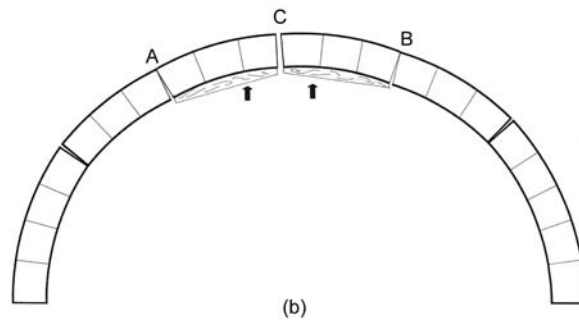
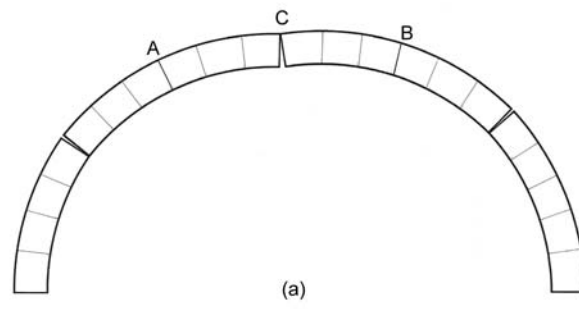


Figura 19
Proceso para eliminar el quiebro de la clave

3.2 Bóveda de arista

3.2.a Agrietamientos y movimientos

La bóveda de arista está también agrietada debido a un cedimiento del sistema de contrarresto. El patrón de grietas correspondiente fue dibujado por Abraham (1934) y ha sido estudiado por Heyman (1983, 1999), Figura 20. El cañón longitudinal forma las grietas habituales antes descritas (Figura 11, más arriba); son grietas de articulación que transmiten fuerzas; la de la clave se abre hacia abajo y se aprecia con claridad, la de los arranques se abre hacia arriba y no se aprecia desde la nave. El cañón transversal debe adaptarse al movimiento y forma dos grietas que son una separación de la fábrica, la grieta del muro y la de Sabouret. Este es el agrietamiento “típico” que tiene variaciones en función de la naturaleza precisa del movimiento y de la constitución de la bóveda (altura del relleno etc.)

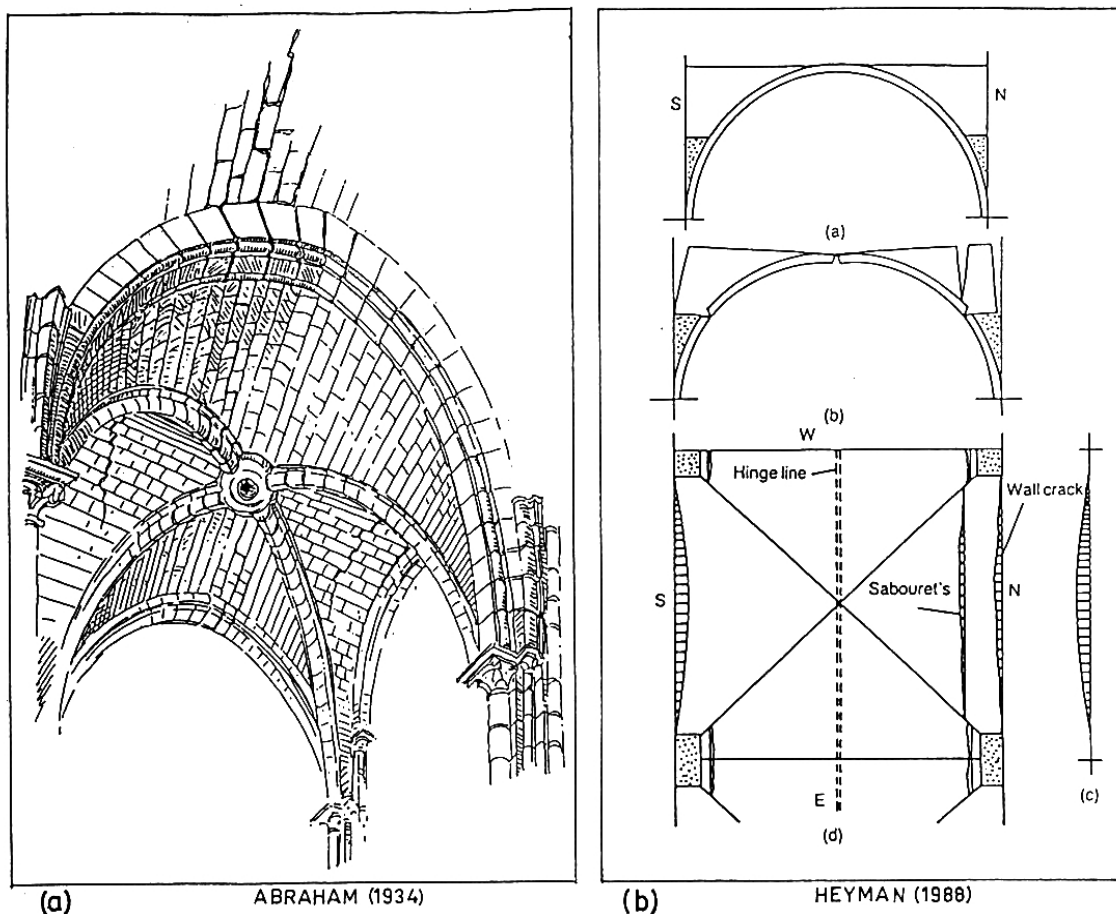


Figura 20
Agrietamientos típicos en bóvedas de crucería

En la bóveda de arista del Corpiño se aprecia con claridad la grieta de la clave (Figura 3, más arriba) —en realidad, son dos grietas hacia abajo, que equivalen a una. Como puede verse en la Figura 21, la grieta del arco de cabeza coincide en posición con las grietas en la bóveda de arista.



Figura 21

Grietas de la clave en la bóveda de arista y el arco de cabeza. Izquierda, estado original con las grietas tapadas; derecha, tras descubrir la grieta entre bóveda y arco

Al descubrir el encuentro entre la bóveda y el arco de cabeza se pudo ver que, como es habitual, el casco de la bóveda no estaba de origen conectado al arco, de manera que ambos se pudieran mover independientemente. Posiblemente ha sido el relleno de la grieta el que ha provocado las dislocaciones en la bóveda que presenta un sillar descolgado, apoyado precariamente en una piedra corta, Figura 22. Dado el estado muy degradado del mortero de las juntas, había un peligro real de caída del sillar. Por supuesto, la situación sólo se pudo valorar adecuadamente tras descubrir las grietas. El sillar debe ser llevado a su sitio como se indicará más adelante.

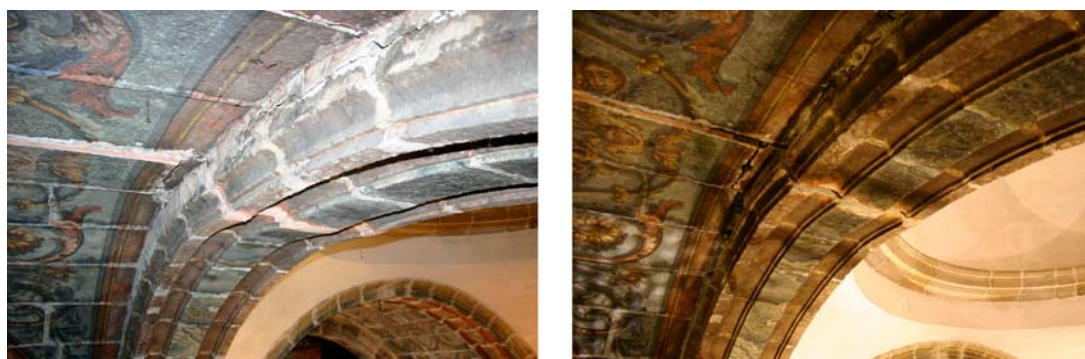


Figura 22

Detalle de los agrietamientos en la zona de la clave

Las grietas de Sabouret no están bien definidas aunque se pueden observar pequeñas dislocaciones en algunas partes (Figura 3, más arriba); las grietas del muro son pronunciadas pero también aparecen rellenas, Figura 23.

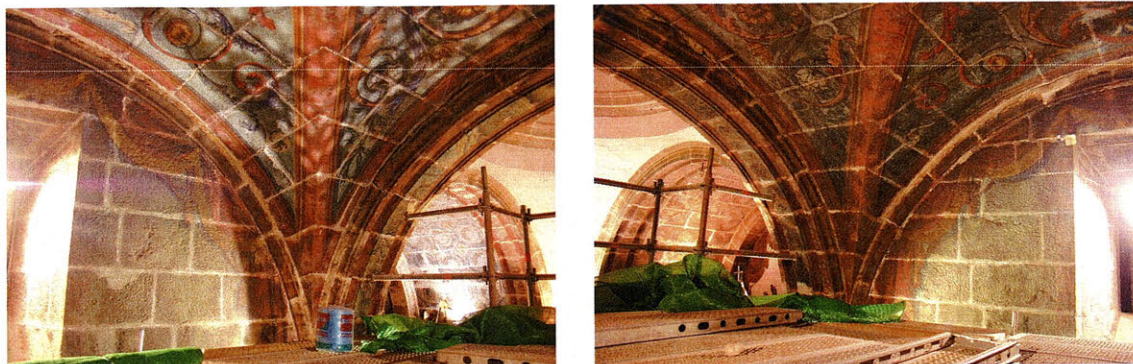


Figura 23

Grietas del muro, antes de ser descubiertas y resanadas

3.2.b Daños locales

Sólo se aprecian daños locales en la zona de las aristas. Al deformarse la bóveda, Figura 20 (b) se produce allí una grieta de articulación; el vivo de la arista es un punto de debilidad y, debajo de las pinturas, se aprecian antiguos desconchones que ya han sido reparados. Como en el caso del arco, estos daños locales no afectan en absoluto la estabilidad de la estructura.

3.3.b Seguridad

La bóveda de arista del presbiterio presenta los agrietamientos normales que no reducen en absoluto la seguridad de la bóveda. Como ya se ha mencionado, el mortero de las juntas está muy degradado por la entrada constante de agua durante decenios. La cal prácticamente ha desaparecido disuelta por el agua y sólo quedan las cuñas y arena casi suelta. Tanto es así que en las juntas que no están comprimidas se pueden retirar la arena y las cuñas con la mano en algunas partes. La necesaria limpieza de la junta implica levantar ligeramente las piedras para poder extraer las cuñas (pocas) sujetas a esfuerzos de compresión. Esta tarea se llevó a cabo sin problemas bajo la dirección del arquitecto Justo Portela.

Para consolidar la fábrica es preciso resanar las juntas y volver a acuñar y rellenar las juntas con mortero de cal. Los sillares descolgados de la zona de la clave deben ser llevados a su sitio.

4. Conclusiones. Medidas de intervención

Se resumen a continuación las conclusiones del estudio y las medidas de intervención. Este es el informe final; se han redactado dos informes preliminares que sirvieron de guía a la intervención realizada por el arquitecto Justo Portela. Las presentes conclusiones y medidas resumen el trabajo realizado de estudio e intervención que se ha llevado a cabo en estrecha colaboración. Al final del informe se adjuntan los detallados informes realizados por Justo Portela a medida que la obra avanzaba.

ARCO DEL PRESBITERIO

- 1) El arco del presbiterio presenta una marcada distorsión debida a un cedimiento, en época desconocida, del sistema de contrarresto. La clave muestra un feo quiebro y hay fracturas locales en los riñones. Son daños locales que no comprometen la estabilidad del arco.
- 2) El arco del presbiterio no soporta la cúpula. La inspección realizada ha mostrado que existe un sobrearco superior de buena cantería que es quien soporta todo el peso de la cúpula. El espacio entre ambos arcos es de unos 15 cm lo que hace pensar que cuando se construyó la cúpula el arco del presbiterio ya estaba deformado. El sobrearco no muestra ninguna grieta, lo que demuestra que los movimientos tras la construcción de la cúpula han sido insignificantes.
- 3) El arco del presbiterio se puede levantar de punto con facilidad con un andamio y gatos. La operación mejorará la estática del arco, pero, sobre todo reducirá considerablemente la apertura de la grieta de la clave, eliminando casi por completo el feo quiebro actual.

BÓVEDA DE ARISTA

- 4) La bóveda de arista muestra las grietas típicas debidas a un ligero cedimiento del sistema de contrarresto.
- 5) En las proximidades de la clave del arco del presbiterio las grietas son más acentuadas y el cañón de la bóveda ha perdido curvatura, con un descenso apreciable de la línea de coronación. No obstante la clave de la bóveda ha descendido menos que el arco dejando un espacio de varios centímetros que fue rellenado hace tiempo. Se observa también una dislocación apreciable de dos sillares de la bóveda.
- 6) La zona de la bóveda antes citada debiera ser levantada para recuperar el punto, llevando a su sitio los sillares que han sufrido mayores movimientos.
- 7) La inspección de las juntas del trasdós de la bóveda de arista ha permitido comprobar que el mortero de las juntas entre los sillares de la bóveda está en muy mal estado. La entrada

continua de agua durante años ha ido lavando la cal y en muchas juntas casi sólo queda arena.

- 8) Se deben inspeccionar, resanar y rellenar todas las juntas de los sillares de la bóveda por el trasdós, empleando cuñas y mortero de cal.

Hechas todas estas operaciones arco y bóveda quedarán fuertes y hermosos, como les toca.

Todo lo cual afirmo y rubrico a mi leal saber y entender, en Madrid a 23 de junio de 2016



Fdo. Santiago Huerta Fernández

7. Bibliografía

Abraham, Pol. 1934. *Viollet-le-Duc et le rationalisme médiéval*. Paris: Vicent, Fréal et Cie.

Choisy, Auguste. 1899. *Histoire de l'Architecture*. Paris: G. Béranger. 2 vols.

Heyman, Jacques. 1983. "Chronic Defects in Masonry Vaults: Sabouret's Cracks." *Monumentum*, Vol. 26: pp. 131-141.

Heyman, Jacques. 1999. *El esqueleto de piedra. Mecánica de la arquitectura de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera / CEHOPU.

Heyman, Jacques. 2011. *Teoría básica de estructuras*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Heyman, Jacques. 2015. *Teoría, historia y restauración de estructuras de fábrica. Colección de ensayos (1966-2014)*. Editado por S. Huerta. 2 Vols. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Huerta Fernández, Santiago. 2004. *Arcos, bóvedas y cúpulas. Geometría y equilibrio en el cálculo tradicional de estructuras de fábrica*. Madrid: Instituto Juan de Herrera.

Huerta Fernández, Santiago. "The use of simple models in the teaching of the essentials of masonry arch behaviour" *Theory and practice of constructions: knowledge, means and models*, G. Mocchi, ed. Ravenna: DAPT Università di Bologna, Fondazione Flaminia, 2005. Vol. 2, pp. 747-761.

Huerta Fernández, Santiago. 2005. Mecánica de las bóvedas de fábrica: el enfoque del equilibrio. *Informes de la construcción*. Vol. 57, nº 496: pp. 71-89.

Huerta Fernández, Santiago. 2008. The Analysis of Masonry Architecture: A Historical Approach. *Architectural Science Review*, Vol. 51: pp. 297-328.

Rey Castro, Ana Belén. 2003. O santuario de Nosa Señora de O Corpiño. *Descubriendo: Anuario de estudios e investigación de Deza* nº 5: pp. 153-176

8. Láminas



1



2



3



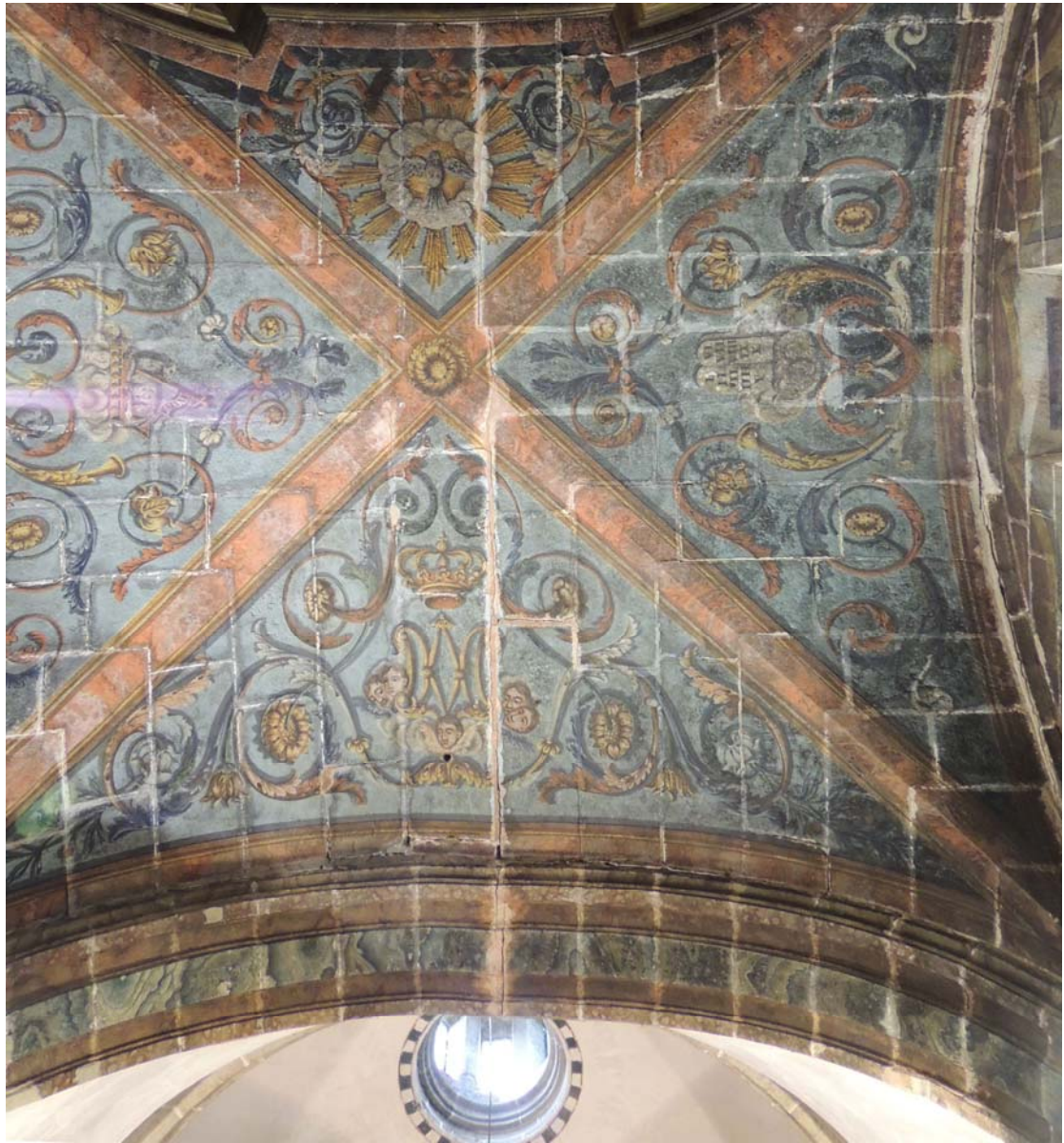
4



5



6



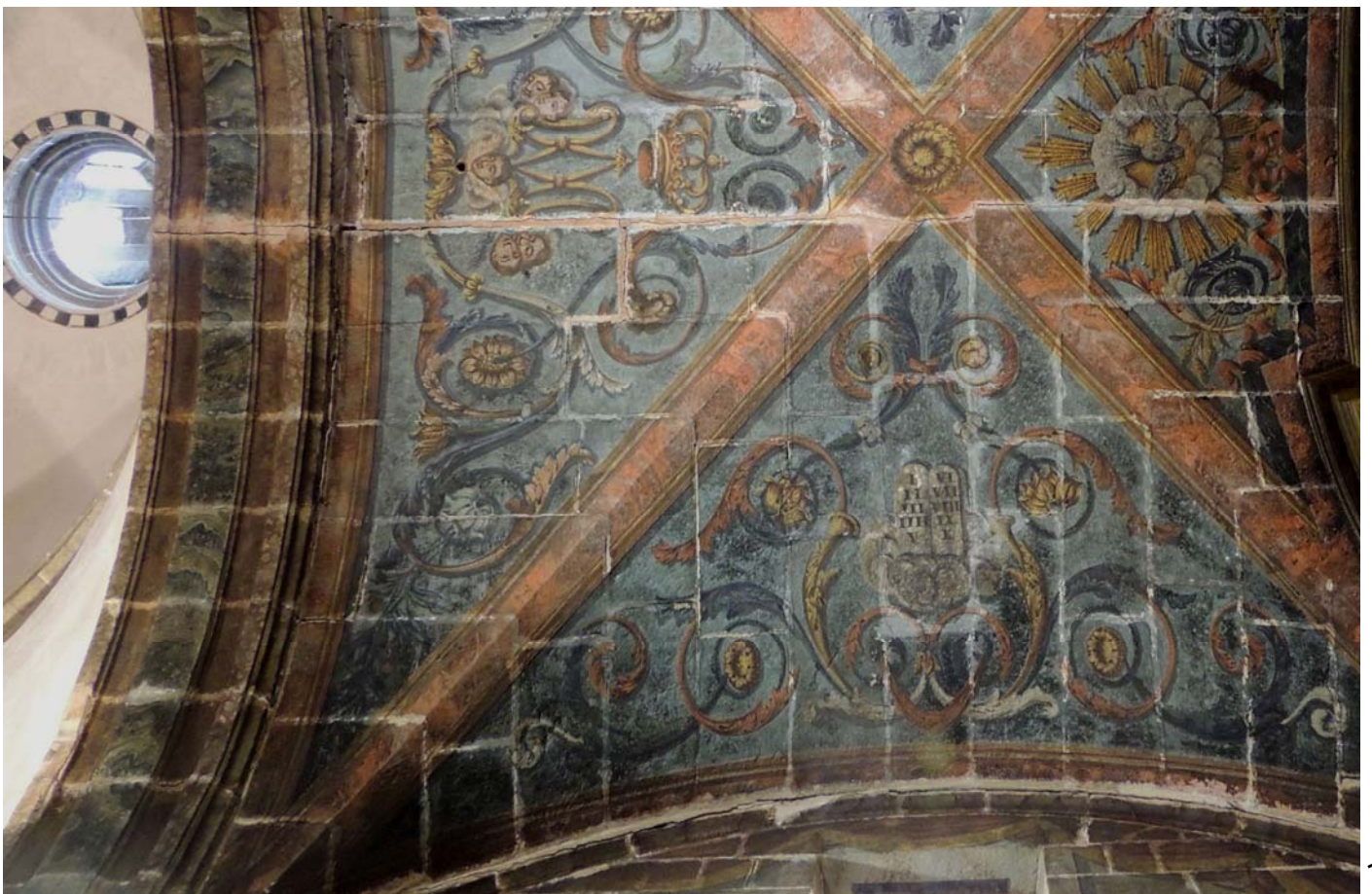
7



8



9



10



11



12



13



14



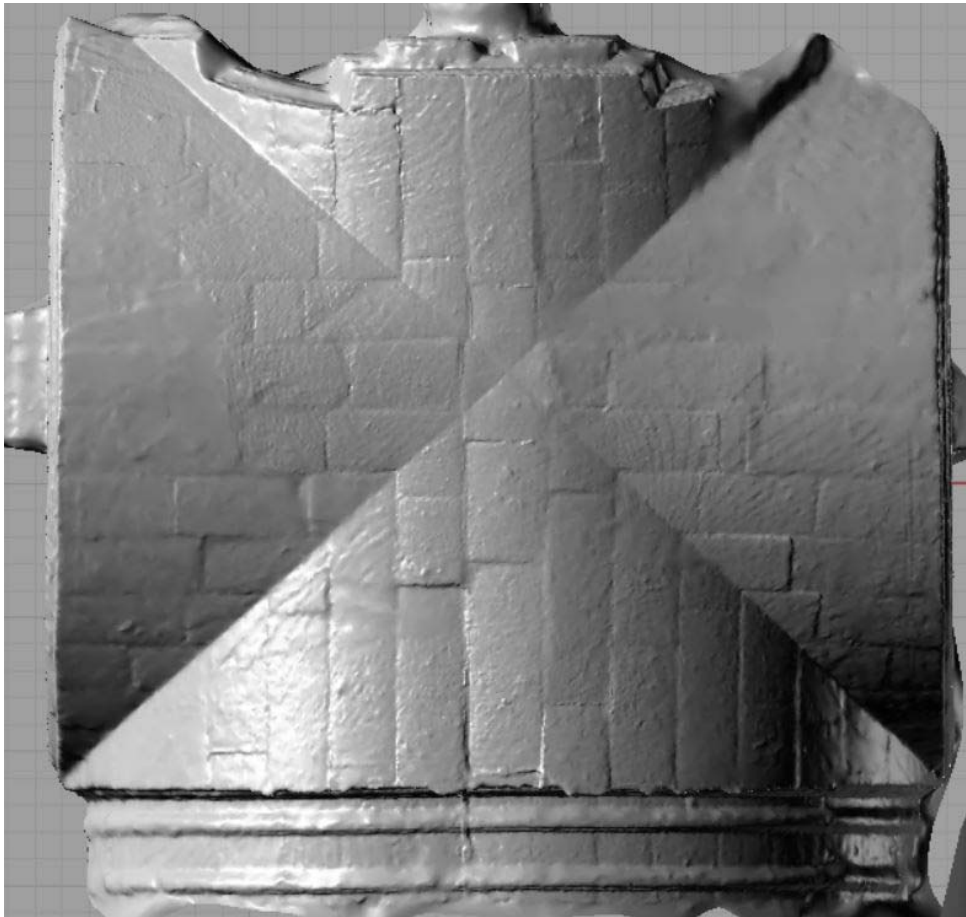
15



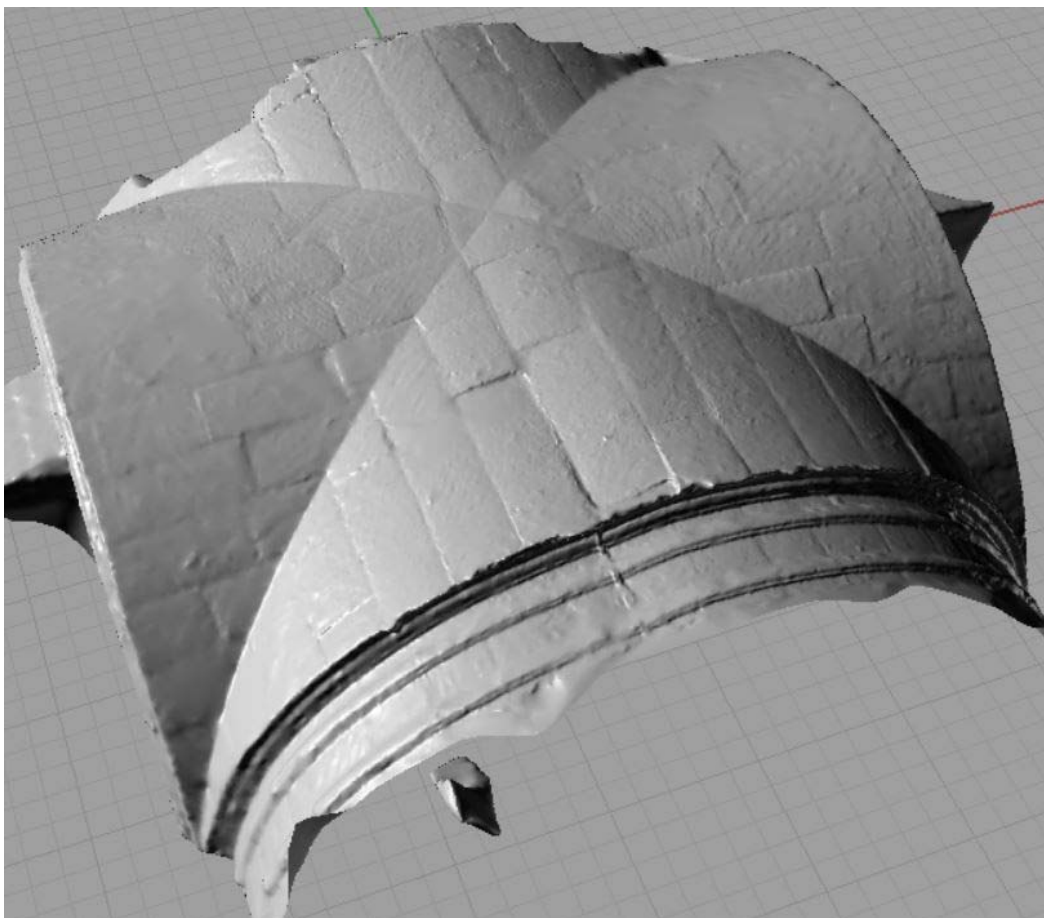
14



15



16



17



18



19



20



21



22



23



24



25



26



27



29



30



31



32



33



34



35

9. Apéndice. Informes del arquitecto Justo Portela

INFORME MENSUAL

EXPEDIENTE: Santuario de O Corpiño (Losón)		OBRA: RECUPERACIÓN XEOMÉTRICA E ESTRUCTURAL DA BÓVEDA DE ARISTA E DO ARCO TORAL CONTIGUO DA IGREXA DO SANTUARIO DE O CORPIÑO		CONCELLO: Lalín	
INFORME DAS OBRAS DO MES DE : Xullo do 2015				DATA DO INFORME: 30 / xullo / 2015	NÚMERO: 1
ULTIMO MES CERTIFICADO ****	Segundo o plan de traballo		Estimación sobor do cumprimento de prazos totais / parciais: *****		
	Adianto respecto ó plan de traballo				
	Retrasado respecto ó plan de traballo				
Resumo da obra feita no último mes: ****					
Ensaio de control de calidade Petrografía de morteiros de xunta (con resultados / ver informe de GEA que se xunta) Caracterización de morteiro proposto pola dirección (todavía sen resultados)					
Previsión de modificacións ****					
Incidencias: ****					
<p>29/xullo/2015. Visita obra.</p> <ol style="list-style-type: none"> O obxecto do presente informe é por de manifesto o acontecido dende a presentación do proxecto na Consellería de Cultura, Educación e Ordenación Universitaria (Dirección Xeral de Patrimonio Cultural) até o día de sinatura do presente informe. A obra ten presentada solicitude de licenza de obra no Concello de Lalín, sen que a día de hoxe se tivese recibido notificación algunha. A obra posúe a debida autorización, da Dirección Xeral de Patrimonio Cultural, (Exp. 2014/355) que entre outros puntos contempla: No arco do presbiterio é necesario recuperar o punto acuñaando despois a clave, ben cunha peza de pedra, ben con cuñas e morteiro ou ambos. Só se poderá ver cando se realice o proceso de levantamento e recolocación das pezas. Tamén inspeccionarán e repararán as fracturas nas fendas dos riles que ameazan con desprenderse Dende a data de presentación do proxecto para o seu informe preceptivo pola Dirección Xeral, non se practicaron obra algunha no Santuario, agás a extracción <u>superficial</u> de morteiro de xuntas polo extradós da bóveda de aresta presbiterial, aos efectos da súa caracterización, até hoxe día 29 de xullo, xa coa debida autorización, que persoado no lugar, eu mesmo en calidade de arquitecto director, Santiago Huerta como colaborador, e persoal da empresa contratada, MURUA encargada de lavar a cabo a obra, avanzouse en profundidade e en altura até o anel moldurado da cúpula na cata xa realizada co fin de coñecer-lo funcionamento do conxunto e deste xeito avaliar técnica e economicamente levar a un punto de equilibrio xeométrico e visual o arco total. Unha vez aberta a cata obtemos as seguintes conclusións: <ol style="list-style-type: none"> O anel-imposta de transición entre o tambor e a cúpula non ten as dimensións esperadas, sendo moito menores, polo que esta peza no pasa por enriba do total acochado e de maior envergadura cá o polícromo visto. Esta peza moldurada non fai máis que resolver visual e xeométricamente a transición entre o espazo de cruceiro e a cúpula do mesmo, polo que a operación de recuperación do arco pasará polo apeo deste peza e a descarga de parte dos ripios que conforman o mampuesto das pechinas. No entorno da clave do arco o recheo é a base de grandes pezas de xisto, a diferenza do que se adiviña na zona pechinas, donde parece asomar unha mampostería de ripios de diverso tamaño. É de salientar como unha disas pezas (foto 2) está rota por flexión, seguramente no momento do descenso das dovelas do arco total, xa que a rotura coincide na verticalidade da abertura en clave. A cata practicada permítenos albiscar que o total apenas ten carga. Hoxe é unha estrutura na que a súa única función estrutural é soportar-lo seu peso propio, e o da mampostería das pechinas. O feito da pouca transcendencia estrutural, fai que o a súa recuperación sexa máis doada, aínda que requira de maior volume de traballo que o considerado inicialmente, aínda que este incremento non supoña unha maior dificultade técnica. O detalle que figura no documento-memoria aprobado pola Dirección Xeral sofre un troco conceptual, xa que non é o anel moldurado unha peza de dimensións notables, e sendo o arco acochado na fábrica o elemento que transmite as cargas da cúpula. Na foto 3 indico a zona na que se debe intervir para a recuperación xeométrica do total. A intervención, como se indica, non supón maior dificultade técnica, xa que o apeo incide en elementos estruturais de incidencia directa local. O proceso pasará por descarga-las dovelas indicadas para recolocalas de xeito que os discos non sufriran evitando contactos puntuais, garantindo unha transmisión de tensións en toda a cara. Isto causa a necesidade de aportar unha nova peza moldurada no espazo resultante en clave. Este proceso implica un novo informe pormenorizado para informe previo á Dirección Xeral. O xeito de acometer-la cata responde ao procedemento normal neste tipo de intervencións. Unha vez valorada a capa superficial, e obtido o debido permiso empregouse ferramenta axeitada para poder chegar á zona a observar, tendo en conta que se minimizan as vibracións, acometendo a acción sobre ripios de pequeno tamaño, que permiten ir accedendo pouco a pouco, deixando os de maior xeometría no seu lugar , que serían retirados ou apeados posteriormente, no caso de recupera-lo arco. Deste xeito a acción mecánica non se transmite pola masa pétreo de xeito continuo, senón que se amortigua no material de recheo composto basicamente de barro. As ferramentas empregadas foron: <ol style="list-style-type: none"> Revestimiento de masa continua mixta de cemento e cal. Antes de practica-la cata compróbase con bisturí a existencia de pintura segundo o existente e xa avaliado pola fase de restauración. Unha vez comprobado que a situación segue a se-la mesma, usase martelo eléctrico manual percutor. Mampostería ordinaria de ripios de moi diverso tamaño e barro como material aglomerante. Usase acodaleiras e palanquetas metálicas. Retirada manual de ripios e barro aglomerante, e limpeza con escobilla. 					

5.3. Remate. Barrido con cepillo e escobilla, e acopio fóra do recinto dos ripios retirados. O lugar queda exento de calquera elemento pétreo e exento de terras e na medida do posible de pó

EXPEDIENTE: Santuario de O Corpiño (Losón)		OBRA: RECUPERACIÓN XEOMÉTRICA E ESTRUCTURAL DA BÓVEDA DE ARISTA E DO ARCO TORAL CONTIGUO DA IGREXA DO SANTUARIO DE O CORPIÑO		CONCELLO: Lalín	
INFORME DAS OBRAS DO MES DE : Xullo do 2015				DATA DO INFORME: 30 / xullo / 2015	NÚMERO: 1
ULTIMO MES CERTIFICADO ****	Segundo o plan de traballo		Estimación sobor do cumprimento de prazos totais / parciais: *****		
	Adianto respecto ó plan de traballo				
	Retrasado respecto ó plan de traballo				
Resumo da obra feita no último mes: ****					
Ensaio de control de calidade Petrografía de morteiros de xunta (con resultados / ver informe de GEA que se xunta) Caracterización de morteiro proposto pola dirección (todavía sen resultados)					
Previsión de modificacións ****					
Incidencias: ****					
29/xullo/2015. Visita obra. 6. O proceso inmediato a seguir é: 6.1. Obtención da licenza de obra. 6.2. Reelaboración das estadas metálicas para permitir un maior aillamento da zona de obra do resto do templo, considerar unha maior capacidade de carga para acopia-las pezas que , de se-lo caso, se desmonten do arco, así como os ripios de reutilización e demais utensilios e medios para a obra, conseguir maior arriostamento, e unha mior e máis cómoda superficie de traballo. 6.3. Cimbrado de bóveda e arco. 6.4. Intervención en bóveda segundo o aprobado pola Dirección Xeral (intervención en xuntas polo extradós deixando o morteiro de xunta visto), recolocando as dovelas-plementos indicados en proxecto. 6.5. En tempo da fase anterior, avaliación económica do incremento que supón a restitución do arco até o seu punto, unha vez que sabemos que debemos apea-la moludura-impоста e desmontar parte das pechinas, coa finalidade de darlle traslado á propiedade da posible desviación económica respecto do presupostado. 6.6. Unha vez consolidada a bóveda, debidamente acuñada e acodalada, executarase a recuperación do arco, o que implica o ascenso de dovelas e a incoirporación dunha nova peza en clave que resolva o espazo que xera a súa recuperación. O feito de que as policromías en arco non presenten motivos xeométricos nin figurativos, permite de xeito doado a súa integración. 6.7. Unha vez que todas as pezas xa acuñadas, entren en carga, se procederá á incorporación dos morteiros de xunta, en principio, segundo o indicado en proxecto.					

INFORME MENSUAL

EXPEDIENTE: Santuario de O Corpiño (Losón)	OBRA: RECUPERACIÓN XEOMÉTRICA E ESTRUCTURAL DA BÓVEDA DE ARISTA E DO ARCO TORAL CONTIGUO DA IGREXA DO SANTUARIO DE O CORPIÑO	CONCELLO: Lalín
FOTOGRAFÍAS Xullo do 2015		DATA DO INFORME: 30 / xullo / 2015
		NÚMERO: 1



Foto 1
Fotografía do proxecto donde se indica a amplitude necesaria da cata para comproba-lo funcionamento Estructural



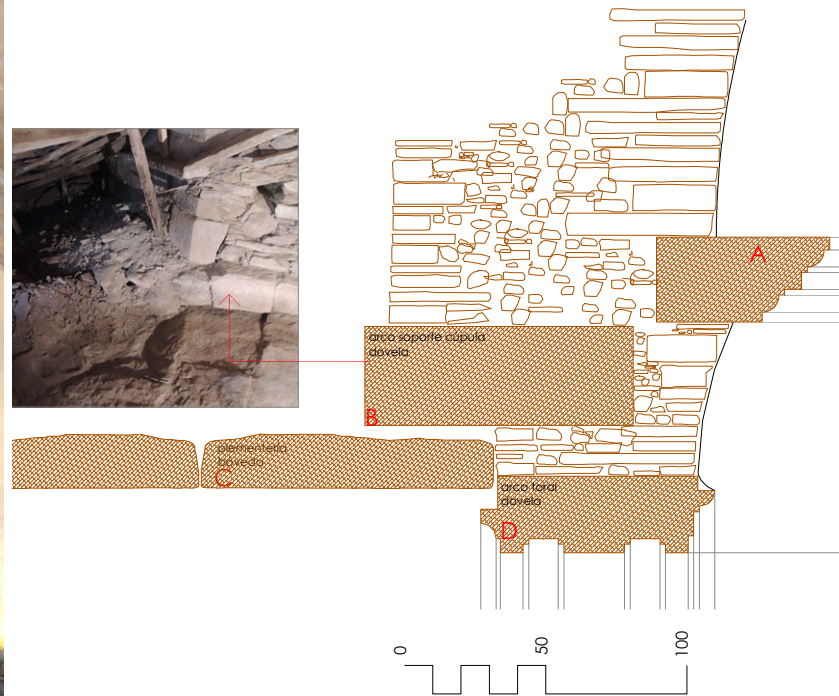
Foto 2
Reseña da Cata practicada (a flecha relaciona as dúas fotografías)
Indicase en trazo vermello a liña de rotura da peza de granito.
Por enriba aparecen pequenas laxas de xisto a modo de compactación, supostamente Colocadas logo do descenso do conxunto.



Imaxes do proceso manual de inspección.



Croquis da zona aproximada a descargar para recupera-lo punto do arco



Esquema estrutural, logo da observancia da fábrica coa cata aberta. A estrutura A cumpre unha función de tránsito espacial. A estrutura B cumpre unha importante función estrutural ao descargar sobre iste arco toda a cúpula e tambor. A estrutura D cumpriu no seu día unha función estrutural Notable. Hoxe pasou a traballar para soporta-lo seu propio peso e unha pequena parte de mampostería.

INFORME MENSUAL

EXPEDIENTE: Santuario de O Corpiño (Losón)		OBRA: RECUPERACIÓN XEOMÉTRICA E ESTRUCTURAL DA BÓVEDA DE ARISTA E DO ARCO TORAL CONTIGUO DA IGREXA DO SANTUARIO DE O CORPIÑO		CONCELLO: Lalín	
INFORME DAS OBRAS DO MES DE : Agosto do 2015				DATA DO INFORME: 30 / agosto / 2015	NÚMERO: 2
ULTIMO MES CERTIFICADO ****	Segundo o plan de traballo		Estimación sobor do cumprimento de prazos totais / parciais: *****		
	Adianto respecto ó plan de traballo				
	Retrasado respecto ó plan de traballo				
Resumo da obra feita no último mes: ****					
Ensaio de control de calidade Caracterización de morteiro proposto pola dirección (ver resultados)					
Previsión de modificacións ****					
Incidencias: ****					
<div> <div>24/agosto/2015. Visita obra.</div> <div> <div>1. Comprobación do cimbrado</div> <div> <div>1.1. O cimbrado estase a executar segundo o proxecto, evitando en todo momento o contacto directo entre a cimbra e a capa policroma, mediante láminas de corcho de 3mm..</div> <div>1.2. Dispoñense elementos de transición para os puntais e sopandas, de xeito que sobre a plataforma metálica se dispón un elemento de madeira de 120.120.50mm ao que se aparafusa outro de 120.50.50mm. Iste último forrase con manta de xeotéxtil de 30mm. e á súa vez con tecido,</div> <div>1.3. As correas de axuste que percorren perpendicularmente os planos das cimbras e que recollen os posibles asentos da fábrica no momento de reaxuste, axustanse mediante tacos e cuñas. A cuña, accionandoa baixo o taco de aproximación, será quen de facer subi-lo taco até axustarse por presión á fábrica (ver detalle de apunte en obra)</div> </div> </div> <div> <div>27/agosto/2015. Visita obra.</div> <div> <div>1. Comprobación do cimbrado.</div> <div> <div>1.1. Na visita constato o bo traballo realizado pola empresa MURUA, tanto pola súa adicación como polo empeño en realiza-lo cimbrado e posta en carga do mesmo con suma precaución. Proba disto é que nun lugar tan pequeno, e con tanta madeira colocada para a seguranza da bóveda, NON se danou a capa policroma.</div> <div>1.2. Recíbese o informe do morteiro: Presenta un comportamento hídrico moi bó. Presentando unha boa compacidade. Prosidade moi baixa (superficie específica obtida acada valores próximos a 1,4m2/g, o que implica unha relativamente baixa proporción poros pequena. (o normal neste tipo de morteiros é de 3-:4m2/g. O contrario incrementaría o valor da superficie específica e con elo a capacidade de absorción de auga por succión capilar –que non é obxecto nesta posición-, o que faría ó morteiro máis susceptible ao deterioro. Por outra banda o valor da porosidade aberta deste morteiro de reposición sitúase ao redor do 31%, propio deste tipo de materiais. Todo istyo fai deste morteiro ensaiado un conxunto de poros moi ben comunicados, presentando polo tanto un comportamento hídrico moi bo. Como RESUMO, e en conversa co laboratorio GEA ASESORÍA GEOLÓGICA , conclúese que o morteiro proposto é idóneo para a súa posta en obra nas xuntas da bóveda presbiterial de O Corpiño. (ver informe anexo de GEA)</div> <div>1.3. Especificase a intervención na xunta dos formos. (ver informe anexo).</div> </div> </div> </div> </div>					

INFORME MENSUAL

EXPEDIENTE: Santuario de O Corpiño (Losón)		OBRA: RECUPERACIÓN XEOMÉTRICA E ESTRUCTURAL DA BÓVEDA DE ARISTA E DO ARCO TORAL CONTIGUO DA IGREXA DO SANTUARIO DE O CORPIÑO		CONCELLO: Lalín	
INFORME DAS OBRAS DO MES DE : maio do 2016				DATA DO INFORME: 30 / outubro / 2015 30/abril/2016	NÚMERO: 4-5
ULTIMO MES CERTIFICADO	Segundo o plan de traballo		Estimación sobor do cumprimento de prazos totais / parciais: *****		
****	Adianto respecto ó plan de traballo				
	Retrasado respecto ó plan de traballo				
Resumo da obra feita no último mes: ****					
Ensaio de control de calidade ****					
Previsión de modificacións ****					
Incidencias: Iste informe iniciase o 8 de outubro de 2015, mantendo a obra parada até obte-la licenza de obra.					
<p>08/10/2015.</p> <p>A obra segue aé espera de ter Licenza. A autorización da Dirección Xeral todavía non chegou ao Concello de Lalín.</p> <p>Unha vez avaliado o importe económico da obra da reposición do arco toral, se realiza un informe económico das dúas opcións. Unha desmontando as dovelas necesarias para a reposición xeométrica do arco e outra mantendoo na súa posición de equilibrio. Comentando ao rector do santuario que a primeira suporía, lóxicamente un sobre custe da obra, e sen saber cal sería aquíl, xa me adianta que si o arco é estable, prefería non incrementa-lo custe da obra e deixa-lo arco na súa posición. Non obstante se lle indica que se realizaría unha avaliación económica das dúas opcións , e que se lle remitiría para que fose el , quén tomase a decisión de carácter económico. (ver informe anexo).</p> <p>19/10/2015.</p> <p>Recíbese na Diocese a autorización da Dirección Xeral de Patrimonio. Pásase comunicación ao Párroco D. José. En canto o Concello de Lalín conceda a Licenza , darase de alta o centro de traballo, e comenará a obra.</p> <p>05/05/2016. Reinicio</p> <ol style="list-style-type: none"> Unha vez obtida a licenza e as autorizacións debidas, e aberto o centro de tgraballo, reiniciase a obra. Practicase unha cata no lugar do muro coincidente na verticalidade co oco de acceso dende a parte alta da sancristía ao trasdós da bóveda presbiterial. A fábrica deste tramo se compón de dous tramos ben diferenciados. O primeiro segue o nivel de cornixa do templo anterior á súa ampliación, e está aparelado con lastras de xistos medianamente ben asentadas a oso. Por enriba, o aparello desaparece e a fábrica resolveuse con croios irregulares de tamaño irregular asentados sen pezas de tránsito, agás apenas poucos ripios que consiguen unha mínima trabazón. De ahí que antes da practica da cata se proceda a apea-la estrutura de cuberta que apoia nesta fábrica (unha trabe cume e dúas correas). <p>11/05/2016. Xornada en obra.</p> <ol style="list-style-type: none"> Remátase o paso pola fábrica dende o faio da sancristía ao espazo sobre a bóveda. O muro (hastial interior) que divide o presbiterio do espazo da sancristía presenta un aparello de malísima calidade no seu tramo superior , coincidente co engadido froito do incremento de volume coa construción da actual cuberta.. A parte superior está aparelada con crios sen apenas trabazón, e sen morteiro algún, o que supuxo un traballo de maior consideración, xa que o arco de descarga que se formaba non seguía pauta próxima a unha regularidade esperada. Foi polo tanto un acerto a disposición do apeo do cume e correas do seu carón. Unha vez consolidada a fábrica , xa realizado o pasadizo, retacanase todolos ocos con morteiro de cal hidráulica NHL5 e granulometría 0-6 de sílice de machaqueo. A aplicación será de tal xeito que non se depositará morteiro en grosores maiores de 20mm., polo que deberán ser retacados os ocos ao mesmo tempo con rachas e ripios de xisto, da propia obra e dunha canteira próxima. Unha vez consolidado o muro e o oco desmontarase o apeo provisional para aplica-lo proceso anterior á cara da fábrica do lado do faio da sancristía, para posteriormente, de ser necesario, volveo a colocar, xa que o cume non foi executado, no seu apio , correctamente. A madeira quedará pintada de branco igual que o castiñeiro do pasadizo. Primeiros tanteos no movemento da plementería da bóveda. Dado que a restauradora dispuxo un fieltro en totalas xuntas, móvense as pezas co mesmo, xa que no seu día comenta a restauradora, que ante a advertencia por mín realizada, de que ao move-las pezas se produciría arrastre, era igual, xa que a policromía quedaría adherida ao papel. Aínda así, e dado que o arrastre e notable NO MORTEIRO DE XUNTA- non na policromía da fábrica- óptase por cortar cun disco fino a xunta deixando liberdade de movemento, e propiciando que o morteiro quede adherido ao papel sen esforzos rasantes. Proceso: <ol style="list-style-type: none"> Colocase en tensión as pezas de contraclave, e súbese lixeiramente (3/5mm.) a CLAVE (IDENTIFICADA POLO BURATO). Soltamo-las rachas en testa, deixando as de acuíñamento lateral. Seguimos subindo (outros 3/5mm.). e soltamo-los acuíñamentos. Ao mesmo tempo xirase levemente as contraclave, para evitar desportillamento superior ao descender estas po perda de presión coa clave ascendida. (ver croquis: ao subir "A", perde cuña "B", e pode producir lesión por desportillamento en "C"). Deixanse totalas pezas en tensión até o venres. Mentres acometese o traballo de retacado do muro donde se realizou o pasadizo, e se acopian ripios de pequeno tamaño, planos de xisto axiloso para facer corpo en xunta , 					

e tipo cuarcítico, como os existentes para facer cuña de resistencia máis elevada.

13/05/2016. Xornada en obra. Visita de Santiago Huerta.

1. Obsérvase a situación do conxunto. Santiago Huerta "aproba" o proceso, que se está a realizar. Procédese, polo tanto, a seguir desacuñando as pezas a colocar, co fin de non favorecer acodamentos indesexados, que impidan o libre movemento das pezas. Seguese a limpa-los "discos" rescatando as cuñas e aspirando o morteiro totalmente arenizado. Os movementos vanse realizando con mínimos desprazamentos, de tal xeito que permitan un seguimento pomenorizado, evitando dislocacións que convirían un sistema determinado nun conxunto desarmado e descolocado. Para elo, mediante os puntais vanse, tal e como, se programou, xirando e levantando e baixando segundo corresponda para ir na procura do punto de curvatura que evite acuñamentos en "V" invertida.

18/05/2016. Xornada en obra. Unha vez descarnadas todas as xuntas, obsérvase como na zona próxima á clave colindante co Toral, a estabilidade do conxunto dependía da cohesión interna do granito co que foron elaboradas as dovelas. Unha vez liberado o disco do material meteorizado e das rachas e ripios de cuarzo de pequeno tamaño, soltos, quedan as rachas traballando a compresión. Nese momento se ACREDITA A ESCASA ESTABILIDADE DO CONXUNTO, xa que as pezas dislocadas forman contracuña, "apretándose" no bordo exterior (extradós) en escasos centímetros de contacto. Nesa *interface* mínima pódense dar esforzos de compresión moi localizados producíndose desportillamentos e provocando novos descensos, que dado o escaso canto das dovelas, poderían causar o colapso parcial das pezas con menos esforzos de compresión nos discos (ás próximas á clave).

Unha vez chegado ao punto de bóveda máximo admisible pola xeometría actual, asumense cellas (dentes), xa que a súa regularización absoluta leva a move-las pezas de aresta que obedecen a catro curvaturas, descolocando todo o conxunto, e obrigando a descarnar e dislocar todas as pezas, chegando a ter que procurar un novo equilibrio xeométrico de difícil solución. Cómpre lembrar que a situación xeométrica actual provén de movementos do edificio con abertura a nivel de salmer de fajón toral e de presbiterio, observándose no descenso do mesmo e nas separacións entre formero de presbiterio e aresta lateral de bóveda.

De novo, unha vez ben limpo o extradós aparecen aperturas xeométricas de acuñamentos de montaxe, que se apoirveitan para mellora-la transmisión de esforzos, e de trabazón donde as tensións de compresións son mínimas e polo tanto as condicións de sustentación menores. (ver fotos 6 e 7)). Aproveitando estas "caixas", se introducen novas chaves de cuarcita, dispostas con veta perpendicular á liña de presións, para evitar estaladuras e desprazamentos das placas dos seus estratos. Segundo o croquis (ver foto 8 e 9) a liña de presións pasa polo segmento superior (dada a deformación e as dislocacións a "contracuña" constatables. É por iso que as chaves se diñspoñen nos lugares indicados e pola parte superior, incrementando a trabazón e o acuñamento. O resto do espazo de disco enchese con rachas e o morteiro probado (1), segundo o xa indicado, lembrando en obra a máxima cautela en producir escorrentías cara á capa polícroma

- (1) As probas co morteiro xa colocado alí donde non afectan os movementos e axustes de pezas, comportase moi ben, presentando gran dureza, adherencia, cohesión, e total ausencia de fisuración.

A foto 10 representa o caixeador nunha zona das cuñas anteditas, axustada á cuña de cuarcita que se axustará a ela.

A foto 11, coa cuña de cuarcita axustada.

A foto 12, dovelas 1 e 8 acuñadas coas cuarcitas.

A foto 13 indica o morteiro técnico xa vertido no disco do toral. Obsérvase como o morteiro fíxase á unha soa dovela co fin de darlle continuidade. Contra a cara oposta dispónse un fieltro de celulosa que evite a adherencia, seguindo, deste xeito comportándose como dúas dovelas.

INFORME MENSUAL

EXPEDIENTE: Santuario de O Corpiño (Losón)	OBRA: RECUPERACIÓN XEOMÉTRICA E ESTRUCTURAL DA BÓVEDA DE ARISTA E DO ARCO TORAL CONTIGUO DA IGREXA DO SANTUARIO DE O CORPIÑO	CONCELLO: Lalín	
FOTOGRAFÍAS maio do 2016		DATA DO INFORME: 30 / outubro / 2015 30/maio/2016	NÚMERO: 4



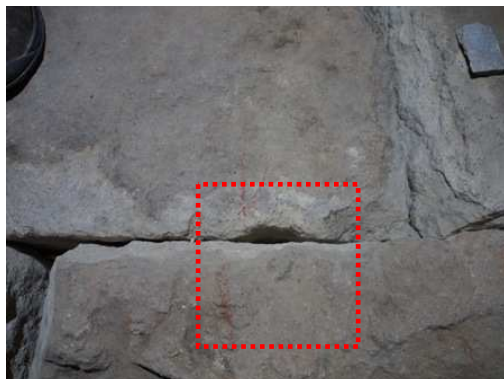
Construción do pasadizo. 1º abertura dun mechnal de descarga
2º Cinchado forzado pola mala calidade do aparello.



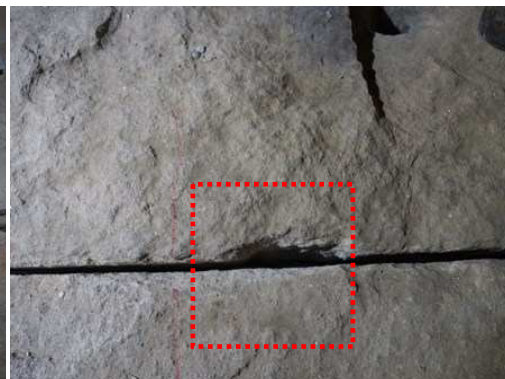
Vista dende o faio da sancristía



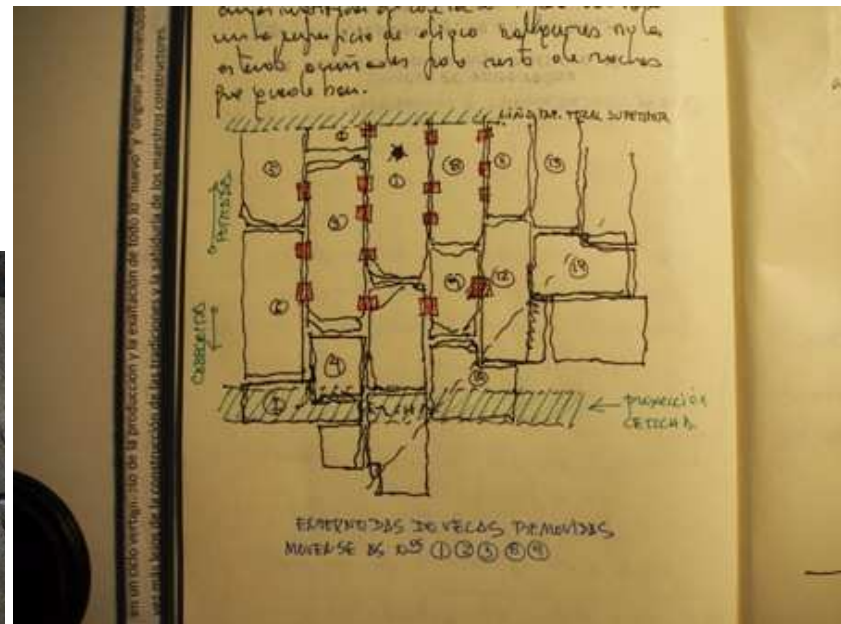
Vista dende o espazo da bóveda presbiterial.



Detalle dos acunamentos (foto 6)

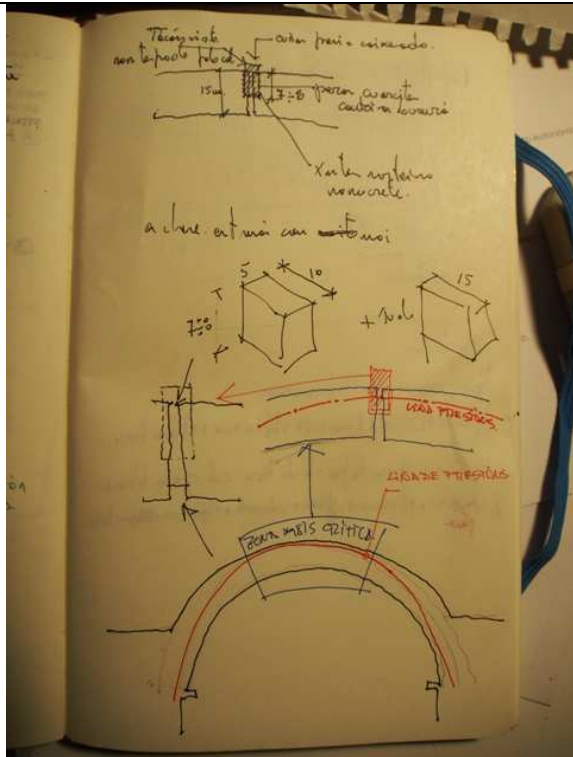


(foto 7)



(foto 8 / libreta de obra)

EXPEDIENTE: Santuario de O Corpiño (Losón)	OBRA: RECUPERACIÓN XEOMÉTRICA E ESTRUCTURAL DA BÓVEDA DE ARISTA E DO ARCO TORAL CONTIGUO DA IGREXA DO SANTUARIO DE O CORPIÑO	CONCELLO: Lalín	
FOTOGRAFÍAS maio do 2016		DATA DO INFORME: 30 / outubro / 2015 30/maio/2016	NÚMERO: 4



(foto 9 / libreta de obra)



foto 10



foto 11



foto 12

EXPEDIENTE: Santuario de O Corpiño (Losón)	OBRA: RECUPERACIÓN XEOMÉTRICA E ESTRUCTURAL DA BÓVEDA DE ARISTA E DO ARCO TORAL CONTIGUO DA IGREXA DO SANTUARIO DE O CORPIÑO	CONCELLO: Lalín	
FOTOGRAFÍAS maio do 2016		DATA DO INFORME: 30 / outubro / 2015 30/maio/2016	NÚMERO: 4
			
(foto 13)			

INFORME MENSUAL

EXPEDIENTE: Santuario de O Corpiño (Losón)	OBRA: RECUPERACIÓN XEOMÉTRICA E ESTRUCTURAL DA BÓVEDA DE ARISTA E DO ARCO TORAL CONTIGUO DA IGREXA DO SANTUARIO DE O CORPIÑO	CONCELLO: Lalín	
FOTOGRAFÍAS Agosto do 2015		DATA DO INFORME: 30 / agosto / 2015	NÚMERO: 2

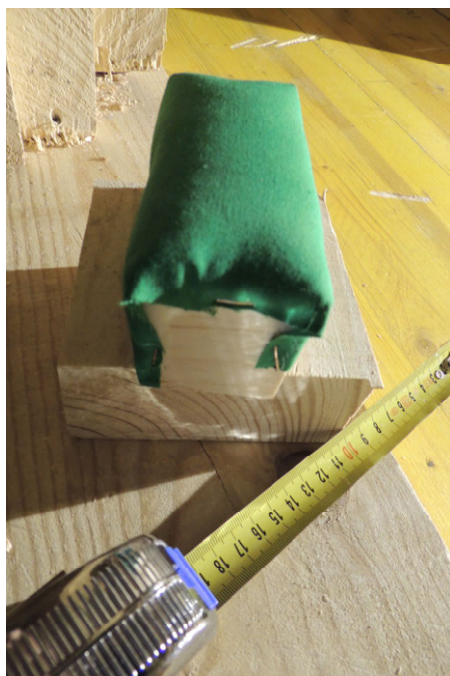
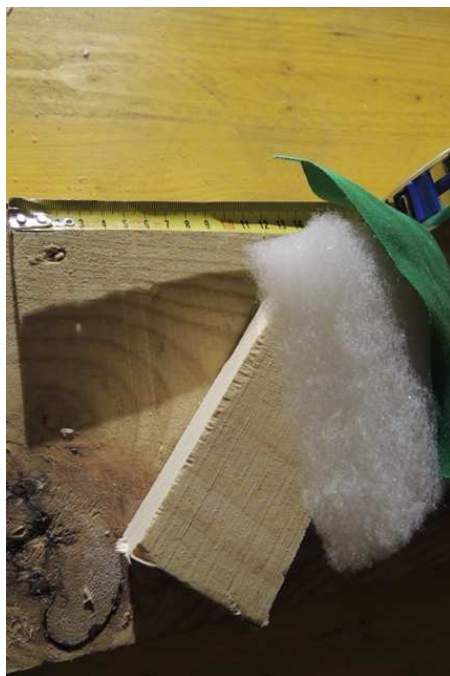


Separación mediante lámina de corcho

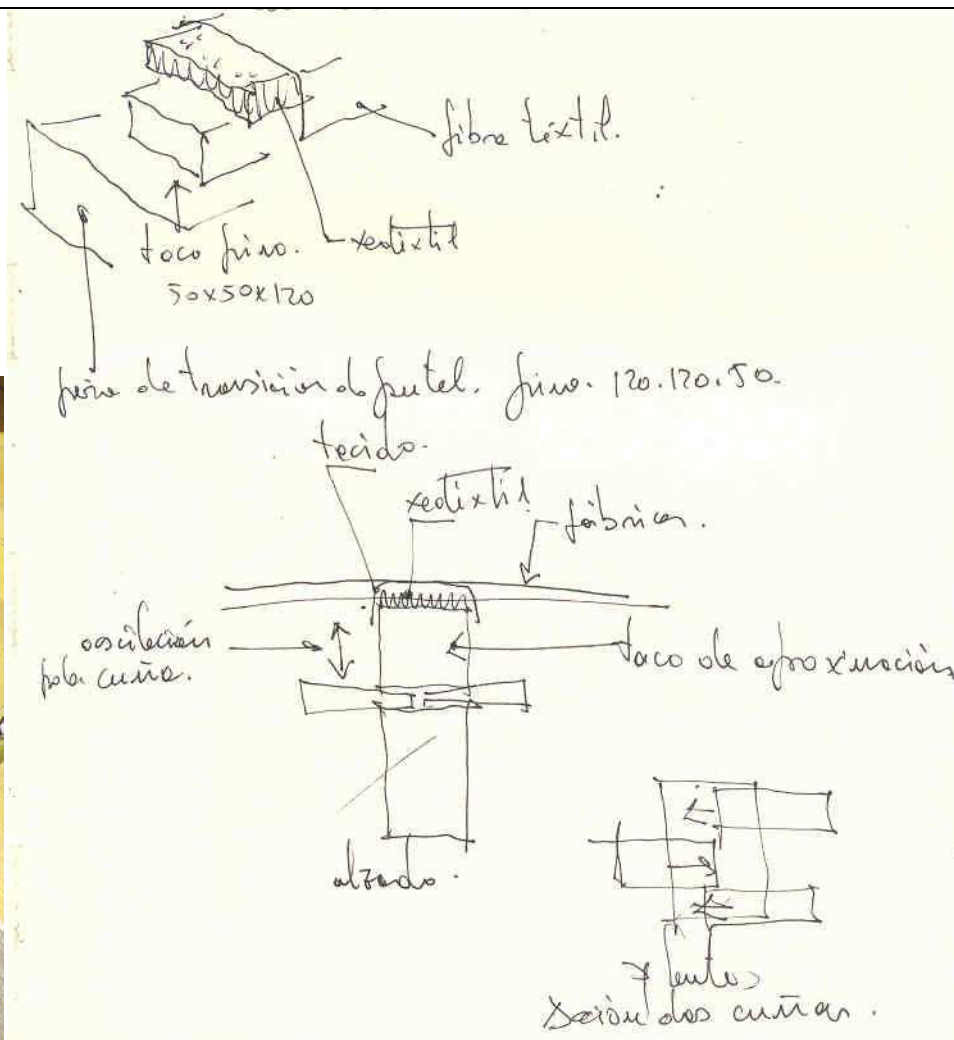


Aspecto do cimbra co plástico separando a nave





Os tres elementos que compoñen os tacos de aproximación / O taco montado





Cimbra posta en carga cos elementos de transición. As cuñas son as que exerzen presión sobre os elementos EVITANDO QUE ISTES ROCEN coa capa polícora.



Detalle da xunta bóveda-formero (fotografía 01/12/2010)